



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessoradu de sos traballos pùblicos

Assessorato dei lavori pubblici

Ente acque della Sardegna

FSC 2014-2020 - Linea d'Azione 1.6.1

Interventi per la produzione di energia da fonti rinnovabili

Realizzazione minicentrali idroelettriche nel Sistema Idrico Multisetoriale Regionale

**Potenziamento della producibilità ed efficientamento della
minicentrale idroelettrica di Simbirizzi**



STUDIO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

Relazione tecnica illustrativa, stima dei costi e
programma delle attività

Allegato:

A.1

Redatto dai Servizi Progetti e Costruzioni
Settore Studi

Coordinatore e Responsabile dello Studio: Ing. Dina Cadoni

Redazione dello studio: Ing. Roberto Cabras
Ing. Tonino Mulas (collaboratore esterno)

Il Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Dina Cadoni

Elaborazioni grafiche: Geom. Pierpaolo Corona

Il Coordinatore del Settore Studi
Ing. Dina Cadoni

**Il Direttore del Servizio
Progetti e Costruzioni**
Ing. Antonio Cucca

Il Direttore Generale
Ing. Franco Ollargiu

Settembre 2018

Ente Acque della Sardegna

SOMMARIO

SOMMARIO.....	i
1 INQUADRAMENTO GENERALE.....	1
2 INQUADRAMENTO PROGRAMMATICO E FONTE FINANZIAMENTO	3
3 INFRASTRUTTURE ESISTENTI	5
3.1 Opere dell'acquedotto Mulargia - Cagliari e centrali idroelettriche esistenti di San Lorenzo e Simbirizzi	8
4 CARATTERISTICHE DI FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA ACQUEDOTTO MULARGIA - CAGLIARI - CENTRALI IDROELETTRICHE DI SAN LORENZO E SIMBIRIZZI	18
4.1 Centrale di Simbirizzi	18
4.2 Centrale di San Lorenzo.....	19
4.3 Limitazioni e problematiche del funzionamento attuale del sistema Acquedottistico Mulargia Cagliari Centrali Idroelettriche Simbirizzi San Lorenzo.	20
4.3.1 Manovra di avvio della centrale di Simbirizzi la centrale di San Lorenzo in esercizio	22
4.3.2 Manovra di avvio della centrale di San Lorenzo con la centrale di Simbirizzi in esercizio	25
4.3.3 Manovra di stacco di carico delle centrale di Simbirizzi	27
4.3.4 Studio del moto vario del sistema complessivo allegato al progetto esecutivo "Minicentrali idroelettriche di San Lorenzo e Simbirizzi" - 2005.	28
5 OBIETTIVI DELL'INTERVENTO IN PROGETTO	30
5.1 Condizioni di funzionamento attuale	30
5.2 Scenari di funzionamento futuro	32
6 INDIRIZZI PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO DI FATTIBILITA' E DEL PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO	36
6.1 Studio specialistico per la verifica del colpo d'ariete del sistema costituito dall'acquedotto Mulargia - Cagliari, centrale idroelettrica di San Lorenzo e centrale idroelettrica di Simbirizzi	36
6.2 Progetto di fattibilità tecnico-economica e progetto definitivo/esecutivo	37
7 QUADRO PRELIMINARE DEI VINCOLI TERRITORIALI, AMBIENTALI E DELLE AUTORIZZAZIONI	38
8 STIMA DEI COSTI	39
9 TEMPI PREVISTI PER LA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DEI LAVORI E CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITA'	40
10 ALLEGATI	42

1 INQUADRAMENTO GENERALE

Con delegazione Amministrativa (attualmente in fase di perfezionamento) che sostituirà la precedente convenzione del 14.07.2017 (prot. 27955 rep 14) l'Assessorato LL.PP. della RAS ha incaricato l'Enas dell'attuazione dell'intervento denominato "Realizzazione minicentrali idroelettriche nel sistema idrico multisettoriale – Potenziamento della producibilità ed efficientamento della minicentrale idroelettrica di Simbirizzi" finanziato con 1,3 M€ su fondi FSC 2014/2020 (Patto per lo sviluppo della Sardegna - Linea d'Azione 1.6.1 – Interventi per la produzione di energia da fonti rinnovabili).

Il presente Studio di fattibilità redatto dal Servizio Progetti e Costruzioni dell'Enas ha l'obiettivo di fornire un primo quadro conoscitivo delle caratteristiche dimensionali e funzionali del sistema idraulico Acquedotto Mulargia Cagliari - Centrale Idroelettrica di Simbirizzi - Centrale Idroelettrica di San Lorenzo, nonché di individuare i risultati che l'Enas intende raggiungere con la realizzazione dell'intervento.

Il presente studio costituirà inoltre il documento tecnico da porre a base di gara per l'affidamento del servizio di redazione del progetto di fattibilità e definitivo/esecutivo.

Il gruppo turbina-generatore installato nella minicentrale esistente di Simbirizzi è dimensionato per una portata massima di $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ed ha una potenza massima di 1800 kVA, tuttavia, la configurazione attuale del sistema Acquedotto Mulargia Cagliari - Centrale Idroelettrica di Simbirizzi - Centrale Idroelettrica di San Lorenzo nei riguardi della protezione dalle sovrappressioni di colpo d'ariete non consente il funzionamento alla massima portata nominale della centrale idroelettrica di Simbirizzi senza mettere a rischio le condotte dell'Acquedotto Mulargia Cagliari. La portata ordinaria di funzionamento della centrale di Simbirizzi è attualmente pari a $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ e la produzione è di circa 6,5 GWh/anno mentre la potenzialità del gruppo idroelettrico di Simbirizzi, con la portata massima di $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ potrebbe garantire una produzione annua di 8,0 GWh.

L'intervento quindi si pone l'obiettivo di incrementare la capacità produttiva del gruppo turbina – generatore esistente di Simbirizzi di 1,5 GWh/anno, di garantire la sicurezza e affidabilità dello stesso sistema che raggiungerebbe la capacità produttiva massima, nonché di valutare la fattibilità tecnica economica dell'installazione di una ulteriore turbina nella centrale di Simbirizzi.

Ente Acque della Sardegna

L'aumento di produzione di energia contribuisce al raggiungimento del pareggio di bilancio tra i costi di gestione energetica del SIMR e i ricavi della vendita dell'energia prodotta dall'Enas da fonti rinnovabili per il raggiungimento dell'autosufficienza energetica del Sistema.

L'intervento proposto consiste nella realizzazione delle opere civili e nella installazione delle apparecchiature e degli impianti necessari a contenere le sovrappressioni di colpo d'ariete in tutte le condizioni di esercizio, compresa quella del funzionamento alla massima potenzialità della turbina esistente nei limiti compatibili con le caratteristiche delle condotte dell'acquedotto Mulargia – Cagliari e con la sovravelocità ammissibile per distacco di carico elettrico della macchina.

I risultati dello studio del colpo d'ariete che si prevede di redigere in sede di progetto di fattibilità nel Sistema Centrale di Simbirizzi – Acquedotto Mulargia – Vasca Donori – Centrale e nodo San Lorenzo consentiranno di individuare la tipologia e la localizzazione dei dispositivi ottimali per migliorare l'affidabilità del sistema idraulico e incrementare la produzione idroelettrica.

Dalle risultanze dello studio del moto vario dovrà scaturire la configurazione ottimale che prevederà l'insieme di opere e/o apparecchiature necessarie per il raggiungimento degli obiettivi sopra citati, nel caso in cui l'importo complessivo delle opere (in una o più configurazioni progettuali) dovesse eccedere la capienza del finanziamento assentito, dovrà altresì individuare gli interventi prioritari (di importo pari al finanziamento assentito pari 1,3 M€) che costituiranno il primo lotto funzionale che dovrà essere sviluppato a livello di progetto di fattibilità e progetto definitivo/esecutivo.

In linea con i tempi stabiliti dalla fonte di finanziamento FSC 2014/2020 l'aggiudicazione provvisoria è prevista entro Dicembre 2021, mentre la realizzazione e collaudo dell'intervento è prevista entro Dicembre 2025.

2 INQUADRAMENTO PROGRAMMATICO E FONTE FINANZIAMENTO

Per la realizzazione degli interventi la Regione Sardegna si avvale dell'ente strumentale Ente Acque della Sardegna (ENAS) in qualità di Gestore del Sistema Idrico Multisetoriale Regionale (SIMR), mediante stipula di apposito atto convenzionale che ne regola i rapporti. Tra i compiti statutari dell'Ente rientra la progettazione, la realizzazione, la gestione di impianti di produzione di energia idroelettrica e in generale, di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili finalizzati al raggiungimento del pareggio energetico della gestione del SIMR e alla conseguente riduzione dei costi di produzione ed erogazione della risorsa idrica del sistema multisettoriale regionale.

L'intervento in oggetto ricade tra quelli previsti in sede di programmazione europea e regionale: Con Deliberazione n. 46/5 del 10.08.2016 la Giunta Regionale ha preso atto del Patto per lo sviluppo della Regione Sardegna, stipulato il 29.07.2016 tra il Presidente del Consiglio dei Ministri e il presidente della Regione Sardegna e ha approvato gli interventi da finanziare con le risorse del Fondo di Sviluppo e Coesione (FSC) del periodo di programmazione 2014-2020. La DGR 53/2 del 30.09.2016 ha destinato alla realizzazione dell'intervento "*Realizzazione di mini centrali idroelettriche nel sistema idrico multisettoriale*" l'importo complessivo di € 6.300.000 articolato in € 5.000.000 di risorse finanziarie previste nell'ambito del programma POR FESR 2014/2020, Azione 4.1.2, "*Installazione di sistema di produzione di energia da fonte rinnovabile da destinare all'autoconsumo associati a interventi di efficientamento energetico dando priorità all'utilizzo di tecnologia ad alta efficienza*" e € 1.300.000 a valere su fondi FSC 2014-2020 di cui al Patto per lo sviluppo della Regione Sardegna.

In data 14.07.2017 è stata stipulata la convenzione RAS – ENAS, prot. n. 27955 rep. 14 avente come oggetto: "*L138 - Realizzazione minicentrali idroelettriche nel sistema idrico multisettoriale POR FESR 2014/2020, Azione 4.1.2, "Installazione di sistemi di produzione di energia da fonte rinnovabile da destinare all'autoconsumo associati a interventi di efficientamento energetico dando priorità all'utilizzo di tecnologie ad alta efficienza" 2014-2020 (Patto per lo sviluppo della Regione Sardegna) Strategia 5 "il territorio e le reti infrastrutturali" - Azione "5.3.4 - Interventi per il completamento ed il riassetto funzionale del sistema idrico multisettoriale" per M€ 1,3 - DGR 53/2 DEL 30.09.2016*" per un importo complessivo del finanziamento pari a € 6.300.000.

Con nota n°9087 del 09.03.2018 il Direttore del Servizio Opere Idriche e Idrogeologiche dell'Assessorato LL.PP. della R.A.S. ha comunicato che a seguito dell'incontro avvenuto in data

Ente Acque della Sardegna

15.02.2018 con l'Autorità di gestione del POR il finanziamento era stato rimodulato confermando esclusivamente la quota di € 1.300.000 a valere su fondi FSC 2014-2020 di cui al Patto per lo sviluppo della Regione Sardegna per l'intervento "*Realizzazione di minicentrali idroelettriche*". Nella stessa nota veniva richiesto all'Enas la trasmissione di un cronoprogramma aggiornato dell'intervento.

In riscontro alla nota sopra citata, con nota n°5938 del 19.03.2018, il Direttore Generale dell'Enas ha comunicato che l'Ente aveva elaborato una proposta tecnica per l'ottimale utilizzo del finanziamento residuo di € 1.300.000 sui fondi FSC denominato "*Potenziamento della producibilità ed efficientamento della minicentrale idroelettrica di Simbirizzi*".

Allo stato attuale risulta in fase di stipula la nuova delegazione amministrativa RAS - ENAS per l'intervento "*L138 - Potenziamento della producibilità ed efficientamento della minicentrale idroelettrica di Simbirizzi*" che sostituirà integralmente la convenzione prot. 27955 Rep. 14 del 14.07.2017 e assegna all'ENAS un importo di 1,3 M€ su fondi FSC 2014/2020.

3 INFRASTRUTTURE ESISTENTI

Le opere oggetto del presente studio sono inserite nello schema funzionale del Sistema 7 - Flumendosa - Campidano – Cixerri, Schema idraulico 7A Medio e Basso Flumendosa.

Nel periodo tra l'anno 1999 e il 2001 è stato realizzato l'acquedotto denominato “*Collegamento del serbatoio del Mulargia agli impianti di potabilizzazione dell'area urbana di Cagliari e comuni limitrofi*”, che tramite un sistema di condotte e gallerie costituisce il sistema di

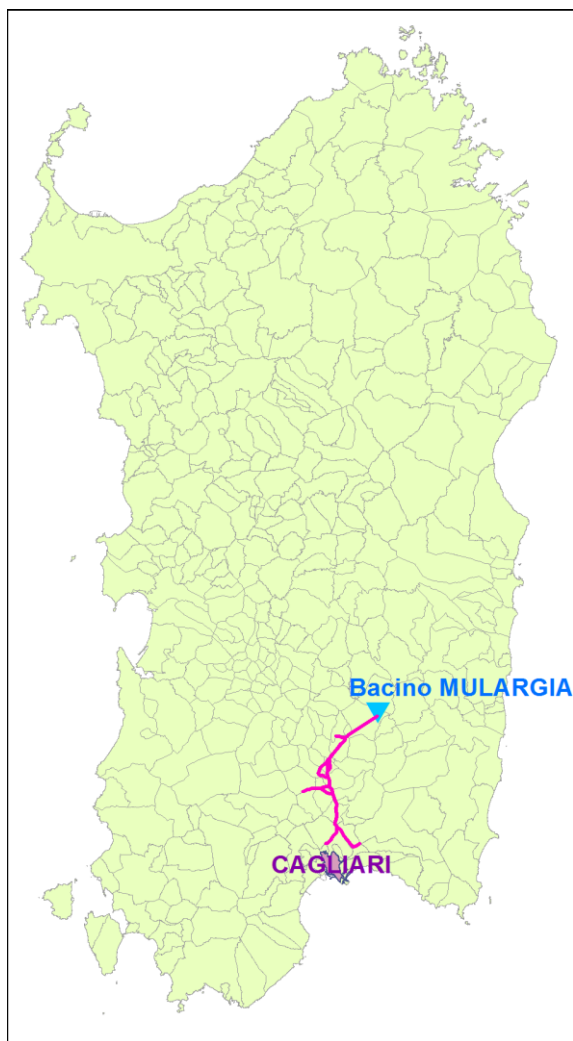


Figura 1: Inquadramento generale schema idraulico.

alimentazione del fabbisogno idrico dell'intera area meridionale della Sardegna alternativo al trasporto attraverso i canali a pelo libero realizzati negli anni '50.

A valle di questo schema, per recuperare il carico idraulico residuo sono state installate le mini centrali idroelettriche oggetto dello studio: la centrale idroelettrica di *San Lorenzo* a monte del potabilizzatore di San Michele e delle utenze industriali del CASIC, e la centrale idroelettrica di *Simbirizzi* a monte dell'impianto di potabilizzazione di Settimo San Pietro.

La risorsa idrica che alimenta le due centrali è accumulata nel bacino artificiale del Lago Mulargia ed attraverso la galleria Uvini-Sarais (lunghezza 10 km) viene indirizzata in direzione sud-ovest verso il comune di Senorbì, località Sarais, dove la galleria termina nel “*Canale Principale Adduttore*”, dal quale in corrispondenza dell'omonima opera di presa

”Sarais” le portate vengono convogliate tramite un sistema di condotte in direzione Cagliari.

In sintesi le opere esistenti partendo dal opera di presa di Sarais sul Canale adduttore principale nel Comune di Senorbì sono:

- Opera di presa dal Canale adduttore principale “Sarais”;
- Condotta in CAP diametro Dn 2200 mm (lunghezza circa 11 km con portata massima di circa 6 m³/s);

Ente Acque della Sardegna

- Opera di imbocco alla vecchia galleria di Donori (pozzo con 2 torrini di imbocco);
- Tratto in galleria “*Vecchia galleria di Donori*” (lunghezza circa 850 m);
- Opera di sbocco della vecchia galleria di Donori (torrino di disconnessione con sfioro libero);
- Condotta in CAP diametro Dn 2200 mm (lunghezza circa 6,8 km);
- Presa per alimentazione dell'impianto di potabilizzazione di Donori con condotta in ghisa sferoidale Dn 900 (lunghezza circa 3 km e portata massima di 1 m³/s);
- Condotta in ghisa sferoidale Dn 1600 mm (lunghezza circa 14,5 km con portata massima di circa 5 m³/s);
- Partitore in pressione "Sa Mandara" con due diramazioni della condotta adduttrice;
- Diramazione per alimentazione dell'impianto di potabilizzazione di Simbirizzi (comune di Quartucciu) con condotta in ghisa sferoidale Dn 1600 mm (lunghezza circa 9,5 km con portata massima di 3,5 m³/s);
- Diramazione di alimentazione dell'impianto di potabilizzazione di San Michele (Comune di Cagliari) e di San Lorenzo (Comune di Sestu) con condotta in ghisa sferoidale Dn 1200 mm (lunghezza circa 6,5 km con portata massima di 1,5 m³/s);
- Centrale idroelettrica San Lorenzo (Sestu);
- Centrale idroelettrica Simbirizzi (Quartucciu);

Il collegamento è costituito da una linea principale lunga circa 27 km, Sarais - Partitore Sa Mandara (in territorio di Settimo San Pietro), dalla quale si dipartono due rami: un ramo di 9 km, prosegue in direzione sud-est verso l'impianto idroelettrico di Simbirizzi (quota 106 msm) e il potabilizzatore omonimo, alimentato con una portata media di 1,3 m³/s; un secondo ramo di 6,6 km con portata media di 0,9 m³/s raggiunge dal partitore Sa Mandara, la centrale di San Lorenzo (quota 50 msm) e prosegue verso il nodo San Lorenzo dal quale si dipartono le condotte che alimentano l'impianto di potabilizzazione di S. Michele (Cagliari) e le utenze del Consorzio Industriale Provinciale di Cagliari.

All'arrivo agli impianti di Simbirizzi e di San Michele si hanno dei carichi idraulici residui notevoli (80 m e 120 m rispettivamente) per cui inizialmente erano state predisposte delle vasche dotate valvole dissipatrici a galleggiante. Nel 2005 per recuperare l'energia dissipata

Ente Acque della Sardegna

sono state realizzate le due centrali idroelettriche di Simbirizzi a Quartucciu e S. Lorenzo a Sestu.

Si riporta nella pagina seguente lo schema funzionale del Sistema 7 - Flumendosa - Campidano - Cixerri - Schema idraulico 7A Medio e Basso Flumendosa nel quale sono inserite le opere in oggetto.

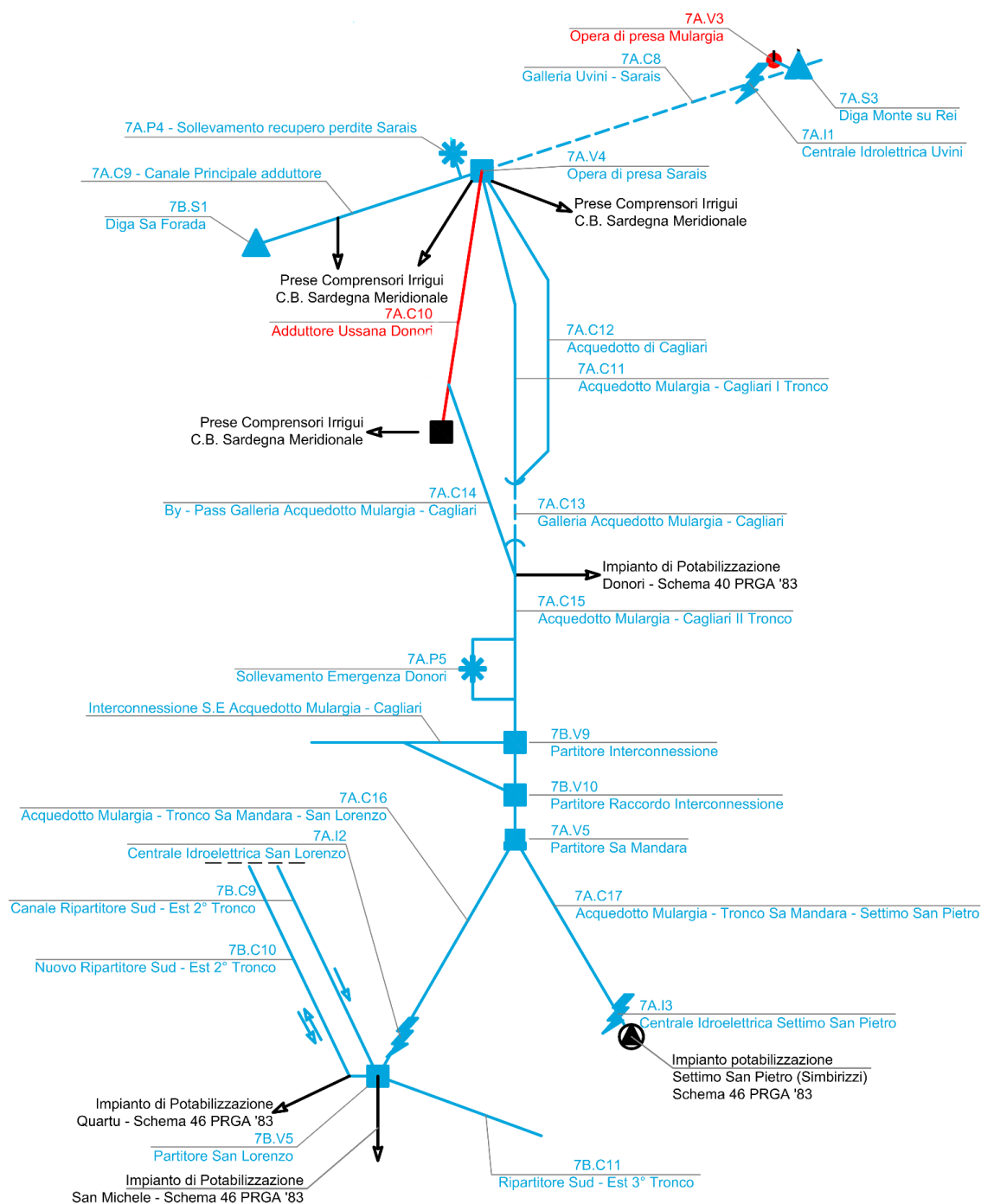


Figura 2: Stralcio Schema Idraulico 7A Medio Basso Flumendosa.

3.1 Opere dell'acquedotto Mulargia - Cagliari e centrali idroelettriche esistenti di San Lorenzo e Simbirizzi

L'adduttrice principale denominata "Acquedotto Mulargia-Cagliari" ha origine con la presa sul Canale Adduttore Principale in località Sarais ad una distanza di circa 580 m dallo sbocco della galleria Uvini - Sarais.

L'opera di presa (a quota 200,8 msm) consiste in un canale di derivazione in c.a. con un sistema di filtrazione a tamburo e due paratoie piane che collegano due condotte in acciaio Dn 1400 della lunghezza di 213 m, successivamente l'adduttrice prosegue con una condotta in CAP Dn 2200 della lunghezza di 10.750 m (denominata parte settentrionale) fino all'imbocco della galleria di Donori.

Come si può evincere anche dall'analisi dei tabulati di calcolo relativi ai progetti Definitivo e Esecutivo dell'Acquedotto Mulargia-Cagliari il controllo del carico piezometrico sulla galleria esistente di Donori è regolato a monte da due valvole a galleggiante poste prima dell'imbocco della galleria ed a valle dal torrino di disconnessione piezometrica realizzato allo sbocco della galleria. Per mantenere costante la piezometrica lungo il tratto in galleria a monte della stessa sono state realizzati due torrini, dotati di valvole a galleggiante tarate per mantenere costante al valore di 5 m il carico sulla linea d'imposta della volta, connessi attraverso 2 paratoie piane con il pozzo centrale di collegamento alla galleria.

In corrispondenza del torrino posto all'imbocco (quota massima 193,50 m s.l.m.) della galleria le 2 valvole a galleggiante chiudono l'afflusso all'aumentare del livello oltre la quota stabilita e impongono mediante l'abbattimento del carico piezometrico in eccesso che la quota piezometrica relativa alla portata in entrata nella galleria non superi il valore di 191,13 m s.l.m. Il torrino, posizionato allo sbocco, assicura il contenimento delle sovrappressioni che si possono generare in galleria conseguentemente al moto vario connesso all'esecuzione di manovre brusche a valle. La quota di sfioro di tale torrino è fissata in 192,60 m s.l.m. e quota massima 193,90 m s.l.m.

Il torrino di sbocco della galleria, sopra descritto, corrisponde all'ultimo punto di disconnessione idraulica della condotta adduttrice per i successivi 31 km sino alle vasche di dissipazione ubicate in prossimità delle centrali idroelettriche.

In corrispondenza di tale torrino si diparte la seconda parte dell'Acquedotto Mulargia-Cagliari, comunemente denominata parte centrale. Essa si sviluppa per una lunghezza totale di circa 15.400 m fino al partitore "Sa Mandara".

Ente Acque della Sardegna

Lungo tale linea è opportuno distinguere tratte che si caratterizzano per differenti materiali e diametri, nonché per l'esistenza di diversi nodi di prelievo da parte di varie utenze:

- dallo sbocco della galleria di Donori, l'adduttrice è realizzata con una condotta Dn 2200 in acciaio per una lunghezza di 38,21 m;
- successivamente la condotta è in C.A.P. Dn 2240 per una lunghezza di 679,40 m fino alla diramazione di Donori, ove insistono due prelievi: la presa per l'impianto di potabilizzazione di Donori (0,4 m³/s) e la presa per il sistema irriguo di Ussana (0,2 m³/s);
- dal nodo di Donori l'acquedotto prosegue fino al nodo "partitore Sa Mandara" con una condotta in ghisa sferoidale DN 1600 della lunghezza complessiva di circa 15 km.

Lungo tale tratta sono posizionati la derivazione e il raccordo relativo all'interconnessione tra il sistema Tirso-Flumendosa con la condotta di Riassetto del Ripartitore Sud Est individuata negli schemi idraulici con la dicitura 7B.V9 e 7B.V10. Tale condotta può essere utilizzata in modo bi-direzionale per incrementare le risorse trasferibili dal sistema Tirso Flumendosa verso gli impianti di potabilizzazione di Cagliari o per alimentare il Ripartitore Sud Est dall'acquedotto Mulargia Cagliari.

In corrispondenza del partitore Sa Mandara, l'Acquedotto Mulargia-Cagliari si divide in due rami, una quota parte prevalente della risorsa viene veicolata verso la centrale di Simbirizzi (codice 7A.I3 negli schemi idraulici) ed il potabilizzatore di Simbirizzi, mentre la frazione complementare viene veicolata in direzione nodo di San Lorenzo (codice 7B.V5 negli schemi idraulici) passando attraverso l'omonima centrale idroelettrica (codice 7A.I2 negli schemi idraulici) posta a circa 900 m a monte.

Ente Acque della Sardegna

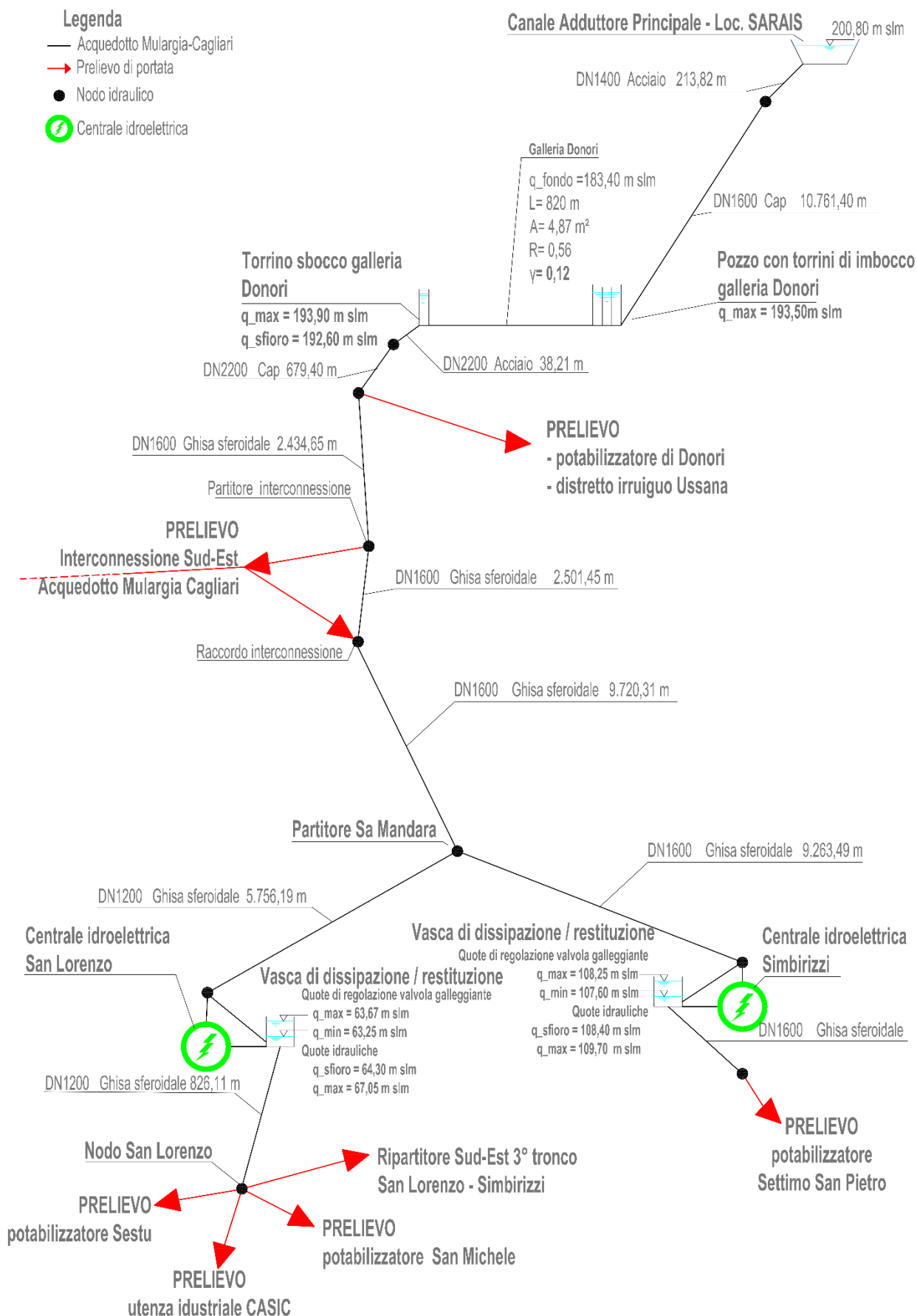


Figura 3: Schema idraulico Acquedotto Mulargia Cagliari centrali idroelettriche Simbirizzi e San Lorenzo.

Ente Acque della Sardegna

Dall'esame dei profili delle condotte e dai verbali di collaudo delle stesse si ricavano le pressioni di esercizio e di collaudo dei vari tratti dell'acquedotto (a partire dalla disconnessione idraulica rappresentata dal torrino di sbocco della galleria di Donori) riassunte nella seguente tabella:

Tabella 1: Pressioni di esercizio lungo i vari tratti dell'acquedotto Mulargia Cagliari.

Tratte settentrionali a valle del Partitore Sa Mandara verso le centrali idroelettriche			
Tratta verso	Simbirizzi	San Lorenzo	
Quota asse condotta arrivo centrali	107.10	60.17	[msm]
Pressioni di esercizio centrali [bar]	7.00	11.00	[bar]
Caratteristiche condotte	Ghisa sferoidale Dn1600	Ghisa sferoidale Dn1200	
Quota terreno punto più sollecitato	35.75	39.26	[msm]
Pressioni di esercizio punto più sollecitato	14.00	13.05	[bar]
Pressioni assolute di collaudo condotte	293.58	298.27	[mH ₂ O]
Pressioni di collaudo condotte	25.28	25.40	[bar]

Tratta centrale dallo stacco del potabilizzatore di Donori al Partitore Sa Mandara		
Caratteristiche condotta	Ghisa sferoidale Dn 1600	
Quota terreno punto più sollecitato	85.23	[msm]
Pressioni di esercizio punto più sollecitato	9.49	[bar]
Pressioni assolute di collaudo condotte	260.73	[mH ₂ O]
Pressioni di collaudo condotte	17.21	[bar]

Tratta centrale dal torrino di sbocco della galleria di Donori sino allo stacco per il potabilizzatore di Donori		
Caratteristiche condotte	CAP Dn 2200	
Quota terreno punto più sollecitato	149.81	[msm]
Pressioni di esercizio punto più sollecitato	3.16	[bar]
Pressioni assolute di collaudo condotte	212.47	[mH ₂ O]
Pressioni di collaudo condotte	6.14	[bar]

La condotta diretta verso il ramo San Lorenzo è in ghisa sferoidale Dn1200 per una lunghezza totale di circa 6.600 m, al termine della tratta in località San Lorenzo a Sestu è ubicata la centrale idroelettrica di San Lorenzo.

Il tratto di arrivo della condotta si riduce da un diametro Dn 1200 a un Dn 800 e prosegue con una valvola di intercettazione a farfalla Dn 800 motorizzata. Continuando verso il ramo turbina è installata una valvola limitatrice di pressione Dn 800 che prima della realizzazione della centrale idroelettrica svolgeva la funzione di ridurre e stabilizzare la pressione di valle al valore prestabilito indipendentemente dal valore di portata e dalle variazioni della pressione di monte. A seguito della realizzazione della centrale la valvola è stata bloccata in posizione completamente aperta disattivando i circuiti di pilotaggio. In successione idraulica dopo la

Ente Acque della Sardegna

valvola di regolazione di pressione é presente la predisposizione per la realizzazione di una condotta di by-pass della centrale idroelettrica e della vasca dissipatrice (la condotta è attualmente in fase di progetto definitivo) con una ulteriore valvola a farfalla Dn 800 per consentire il sezionamento della linea verso la centrale. La linea di adduzione della centrale continua con riduzione di diametro a un Dn 600, un misuratore di portata magnetico e una biforcazione con un ramo Dn 600 che prosegue verso la turbina fino alla valvola di macchina e un altro Dn 500 che realizza il by-pass della centrale alimentando la vasca dissipatrice.

Nel ramo di by-pass della centrale (condotta in acciaio del Dn 500) è installata la valvola a farfalla di scarico sincrono, la cui apertura è comandata in sincronismo con la chiusura del distributore. Continuando verso la vasca è stata installata, successivamente all'esecuzione della centrale, una ulteriore valvola a fuso Dn 500 regolata per limitare la portata al valore richiesto a valle in caso di blocco della turbina.

La vasca dissipatrice è dotata di valvola galleggiante Dn 400 che regola le portate in ingresso dal ramo di by-pass mantenendo il livello idrico in un intervallo di regolazione compreso tra 63,67 m s.l.m. e 63,25 m s.l.m. La vasca non è dotata di troppo pieno per cui un eventuale sfioro delle portate avviene dal torrino del nodo San Lorenzo 900 m più a valle.

Il tratto che prosegue verso la turbina (condotta in acciaio Dn 600) è intercettato dalla valvola di macchina automatica ad apertura oleodinamica e chiusura a contrappeso posizionata nel piano interrato dell'edificio della centrale.

Si riporta di seguito lo stralcio della planimetria delle opere di arrivo alla centrale idroelettrica di San Lorenzo illustrate nell'allegato "B.5 - Planimetria centrale di San Lorenzo"

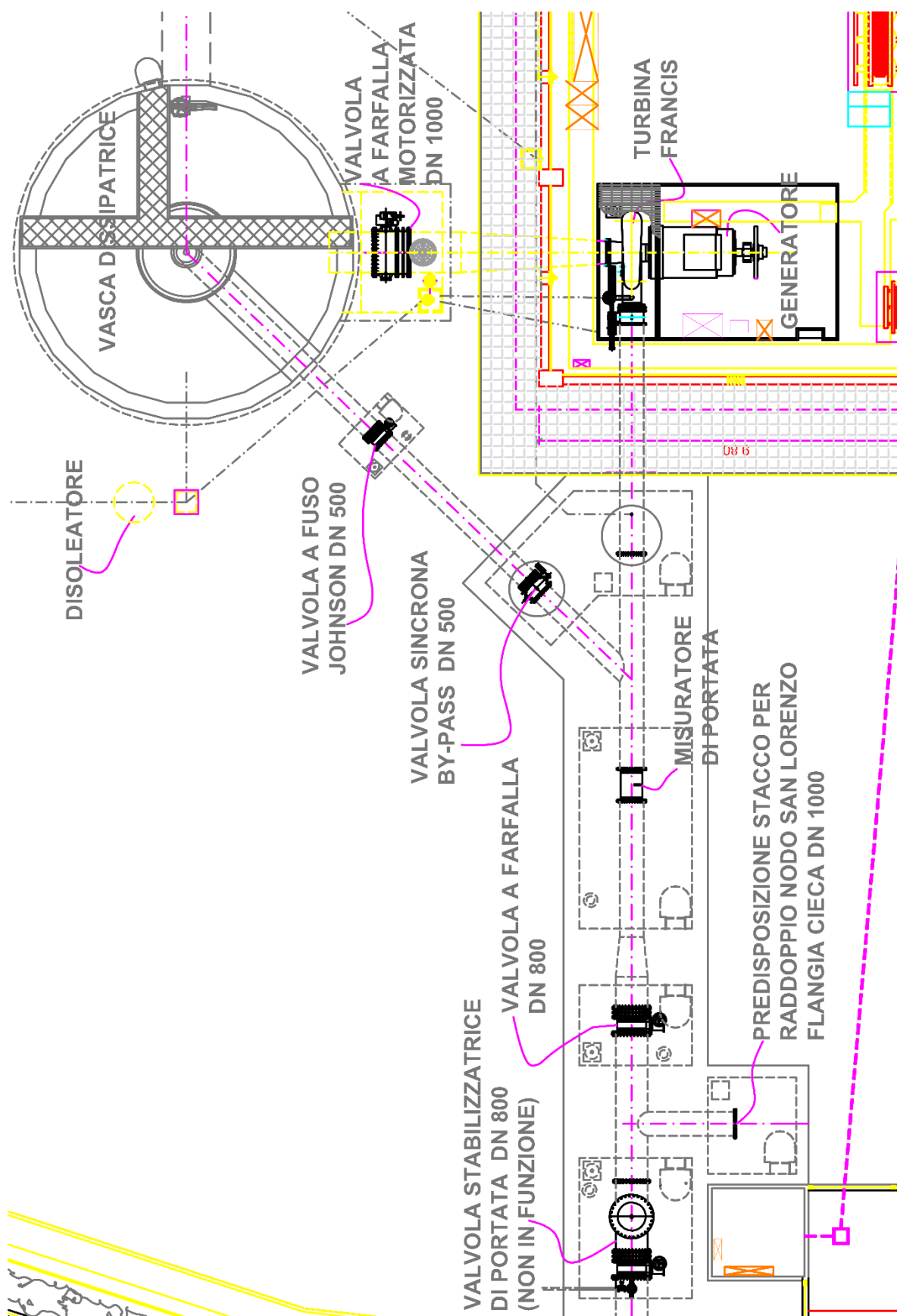


Figura 4: Stralcio planimetria opere di arrivo centrale idroelettrica di San Lorenzo.

Ente Acque della Sardegna

Il gruppo turbina alternatore, costituito da turbina Francis accoppiata ad un generatore sincrono trifase con potenza di 1600 kVA, ha portata nominale Q_r 1.100 l/s per un carico nominale H_r di 117,0 m, è stato dimensionato per funzionare entro un intervallo di portate compreso tra 0,45 l/s e 1.200 l/s. Ciò implica, allorquando le portate richieste in direzione nodo di San Lorenzo eccedano o siano inferiori a tale intervallo, la disattivazione immediata della turbina. Al fine di limitare l'aumento di velocità del generatore in caso di blocco elettrico lo stesso è dotato di un volano in acciaio nella parte terminale.

Tabella 2 – Caratteristiche tecniche turbina e generatore San Lorenzo

Caratteristiche turbina e generatore SAN LORENZO		
Salto nominale	H_r	117,0
Portata nominale	Q_r	1,10
Potenza idraulica	$P_{idr} [kW]$	1.263,0
Potenza resa all'asse alternatore	$P_{resa} [kW]$	1.115,0
Potenza di massimo rendimento	$Q_r \max$	1.024,0
Rendimento idraulico massimo	η_h	0,938
Rendimento complessivo massimo	η	0,901
Altezza massima di aspirazione (Pfau)	$H_s [m] [Pfau]$	0,995
Coefficiente di cavitazione	s	0,08
Spinta idraulica sulla girante	$S [KN]$	34,0
Peso complessivo della macchina	$W [KN]$	130,0
Velocità nominale	$n [giri/min]$	1000,0
Velocità di fuga	$n_{fuga} [giri/min]$	1687,0
Numero di giri caratteristico (P in kW)	$n_c [P^{1/2} * m^{-1,25} * s^{-1}]$	92,34
Numero di giri specifico	$n_q [m^{3/4} * s^{-1,5}]$	29,50

Prima di immettersi nella vasca di dissipazione la condotta di scarico della turbina, in acciaio Dn 1000, è intercettata da una valvola a farfalla Dn 1000 comandata dal quadro di comando turbina, tale valvola deve risultare chiusa ogni volta che entra in funzione il by-pass di centrale. Dalla vasca di dissipazione la risorsa idrica prosegue con una condotta in ghisa sferoidale del Dn 1200 verso il nodo San Lorenzo (900 metri più a valle) dal quale si dipartono i seguenti prelievi:

- per il potabilizzatore di San Michele Cagliari, 0,4 m³/s (con potenzialità massima di 0,6 m³/s);
- per il potabilizzatore di Sestu 0,05 m³/s;
- per l'utenza industriale CASIC, portata variabile stagionalmente entro 0,2 e 0,5 m³/s
- per il Ripartitore Sud-Est 3° tronco San Lorenzo – Simbirizzi che consente di trasferire risorsa verso il lago di Simbirizzi.

L'altra condotta che si dirama dal partitore di Sa Mandara, (condotta in ghisa sferoidale Dn 1600 codice 7A.C17), è diretta verso l'impianto di potabilizzazione di Simbirizzi, con una

Ente Acque della Sardegna

lunghezza di 9.200 m. La risorsa vettoriata arriva con un elevato carico residuo, pertanto è stata realizzata nel 2005 la centrale idroelettrica di Simbirizzi, destinata al recupero dell'energia potenziale, codice ENAS 7A.I3.

Il tratto finale della condotta in arrivo, in acciaio del Dn 1600, superata la predisposizione per la derivazione per il potabilizzatore di Corongiu, prosegue con una riduzione di diametro passando ad un Dn 1200. Nel tratto che segue è stata installata una valvola a farfalla del Dn 1200 a cui segue il misuratore di portata magnetico. A valle del misuratore di portata si ha una prima biforcazione, un ramo verso la vasca di dissipazione con una condotta del Dn 1000 e un altro ramo verso la centrale con una seconda biforcazione che costituisce la predisposizione per l'installazione futura di un secondo gruppo di produzione. La condotta si divide quindi in due condotte minori del Dn 700 che si immettono nel piano interrato dello stabile della centrale, consentendo di alimentare il gruppo attualmente presente nella parte destra, mentre il ramo sinistro è chiuso con una flangia cieca.

Il gruppo turbina alternatore attualmente installato è preceduto dalla valvola di macchina, una valvola a farfalla del Dn 700 comandata dal quadro di comando della turbina con apertura oleodinamica e chiusura a contrappeso tarata per la massima portata transitabile. Le portate scaricate dalla turbina sono convogliate verso la vasca di restituzione prima con una condotta Dn 800 a cui segue, una volta connessa con lo scarico predisposto per la seconda turbina, una seconda condotta Dn 1600 dove è installata la valvola a farfalla di sezionamento dello scarico. Anche questa valvola è manovrata dal quadro di comando della turbina e deve risultare chiusa ogni qual volta si arresta il gruppo ed entra in funzione il by-pass della centrale.

Il ramo di by-pass posto subito dopo la prima biforcazione è una condotta Dn 1000 nella quale è installata una valvola a farfalla comandata per l'apertura in sincrono con la chiusura del distributore. Successivamente all'esecuzione dei lavori di realizzazione della centrale è stata installata una valvola a fuso Dn 1000 per stabilizzare le portate in ingresso nella vasca ai valori medi richiesti dall'impianto di potabilizzazione di Simbirizzi in caso di blocco della turbina. Un'ulteriore regolazione della portata è data dalla valvola a galleggiante all'interno della vasca di restituzione tarata per mantenere il livello nella vasca costante a seconda della richiesta idropotabile con un intervallo di regolazione compreso tra 107,60m s.l.m. e 108,25m s.l.m.

Si riporta di seguito lo stralcio della planimetria delle opere di arrivo alla centrale idroelettrica di Simbirizzi illustrate nell'allegato "B.4 - Planimetria centrale di Simbirizzi"

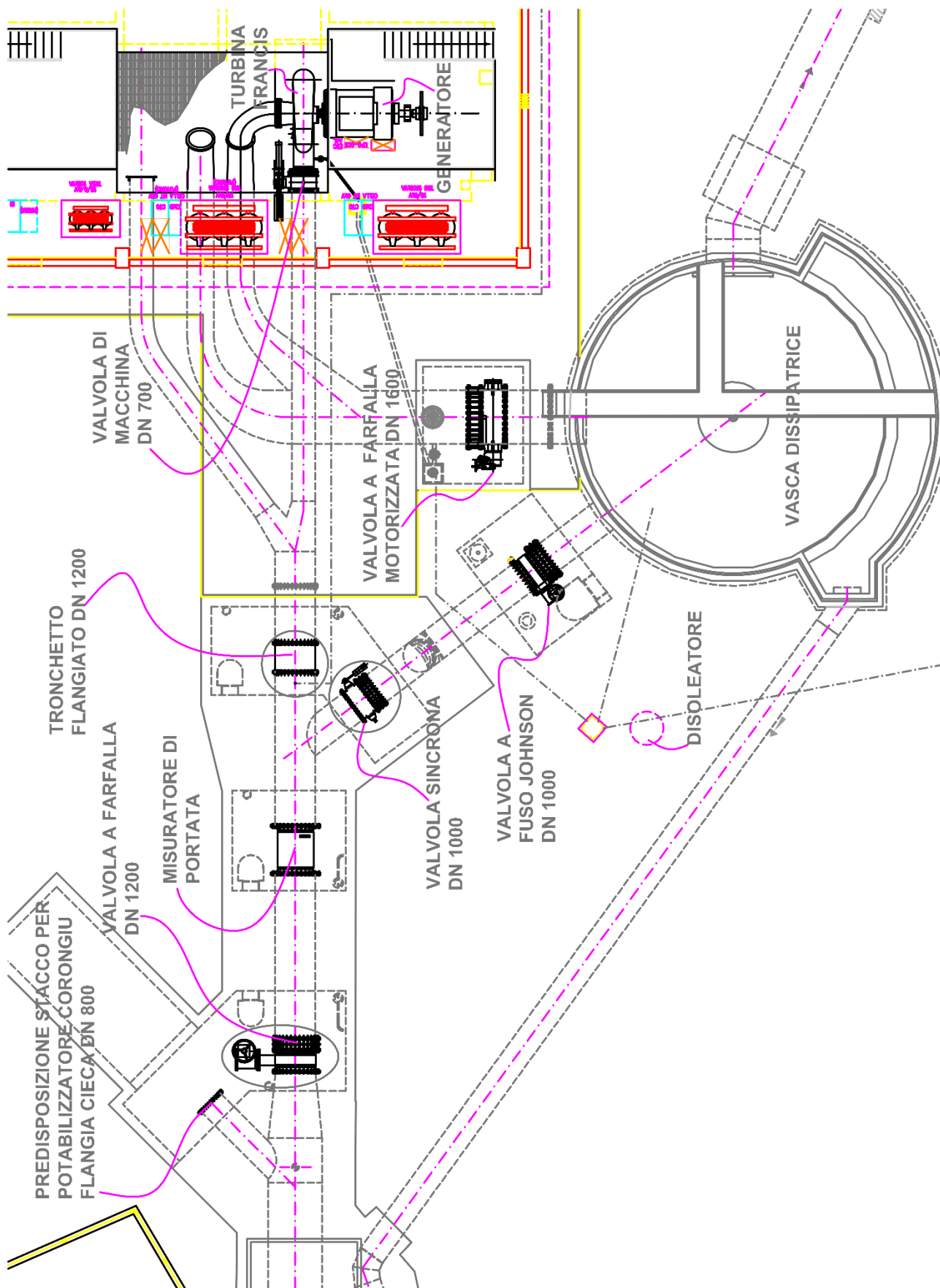


Figura 5: Stralcio planimetria opere di arrivo centrale idroelettrica di Simbirizzi.

Ente Acque della Sardegna

La vasca è collegata all'impianto di potabilizzazione di Simbirizzi tramite una condotta in ghisa sferoidale del Dn 1600 connessa tramite una paratoia piana. La vasca di Simbirizzi è dotata di scarico di troppo pieno con sfioro a quota 108,40 e massimo livello a quota 109,70.

Il gruppo di produzione di Simbirizzi è dotato di una turbina Francis, accoppiata ad un generatore sincrono trifase 6kV da 1700 kVA con portata nominale Q_r 1.800 l/s per un carico nominale H_r di 74,90 m. Il gruppo è stato dimensionato per funzionare entro un intervallo di portate compreso tra 2.000 l/s e 750 l/s. Al fine di limitare l'aumento di velocità del generatore in caso di blocco elettrico lo stesso è dotato di un volano in acciaio nella parte terminale.

Tabella 3 – Caratteristiche tecniche turbina e generatore Simbirizzi

Caratteristiche turbina e generatore SIMBIRIZZI		
Salto nominale	H_r	74,90
Portata nominale	Q_r	1,80
Potenza idraulica	P_{idr} [kW]	1323,0
Potenza resa all'asse alternatore	P_{resa} [kW]	1171,0
Potenza di massimo rendimento	Q_{max}	1,64
Rendimento idraulico massimo	η_h	0,941
Rendimento complessivo massimo	η	0,909
Altezza massima di aspirazione (Pfau)	H_s [m] [Pfau]	2.875,0
Coefficiente di cavitazione	s	0,1
Spinta idraulica sulla girante	S [KN]	43,0
Peso complessivo della macchina	W [KN]	16,0
Velocità nominale	n [giri/min]	750,0
Velocità di fuga	n_{fuga} [giri/min]	1300,0
Numero di giri caratteristico (P in kW)	n_c [$P^{1/2} \cdot m^{-1,25} \cdot s^{-1}$]	123,8
Numero di giri specifico	n_q [$m^{3/4} \cdot s^{-1,5}$]	39,5

Le portate attualmente richieste dall'impianto di potabilizzazione si attestano mediamente in 1,35 m³/s.

4 CARATTERISTICHE DI FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA ACQUEDOTTO MULARGIA - CAGLIARI - CENTRALI IDROELETTRICHE DI SAN LORENZO E SIMBIRIZZI

Il funzionamento delle due centrali è asservito alla richiesta idrica a valle, la centrale di Simbirizzi attualmente ha un unico prelievo che è l'impianto di potabilizzazione di Simbirizzi con un prelievo di circa 1,320 m³/s nel periodo invernale che aumenta fino 1,424 m³/s nel periodo estivo, mentre la centrale di San Lorenzo è asservita alle richieste idropotabili dell'impianto di San Michele che ha una richiesta 0,4 m³/s (con una potenzialità massima di 0,8 m³/s) e alla domanda per uso industriale da parte del Consorzio Industriale Provinciale di Cagliari (CASIC) con una portata stagionale che varia tra 0,2 e 0,4 m³/s.

Al momento della messa in servizio delle due centrali sono state eseguite le regolazioni dei tempi di chiusura/apertura degli organi di manovra e sezionamento con alcuni accorgimenti di tipo gestionale che hanno consentito il raggiungimento di un compromesso tra l'esigenza di evitare sovrappressioni eccessive nella condotta adduttrice, garantire una portata pressoché costante alle utenze anche in caso di blocco dei gruppi di produzione e salvaguardare i generatori dei gruppi dalle elevate velocità di rotazione in caso di stacco di carico elettrico.

In particolare lo studio del colpo d'ariete svolto durante la progettazione esecutiva aveva evidenziato la necessità di eseguire le manovre di chiusura degli organi di intercettazione con un ritardo di circa 100 secondi in modo da limitare la massima sovrappressione in condotta a circa 2 bar nel nodo del partitore di Sa Mandara.

Tale ipotesi di taratura è stata disattesa a seguito dell'esecuzione delle prime prove di funzionamento che avevano evidenziato elevati valori di velocità dei gruppi in caso di stacco di carico elettrico, per cui, le tarature finali eseguite in fase di collaudo (che si riportano sinteticamente nel seguito) rappresentano un compromesso che consente l'utilizzo delle centrali con le portate medie sopra citate.

4.1 Centrale di Simbirizzi

Per quanto riguarda la centrale di Simbirizzi in fase di messa in servizio sono stati applicati i seguenti parametri di funzionamento (rilevati a gruppo fermo):

Tabella 4 – Tempi di manovra degli organi di intercettazione Simbirizzi.

ORGANO	APERTURA [s]	CHIUSURA [s]
Valvola di macchina	52	52
Distributore	42	22
Scarico Sincrono	28	75 sec

Dai dati disponibili negli atti di collaudo dei lavori di realizzazione delle centrali emerge che le massime sovrapressioni in centrale derivano dalla manovra di chiusura della valvola di scarico sincrono all'atto dell'avvio del gruppo. Tale fenomeno ha reso necessario introdurre un ritardo e/o interruzione della manovra di apertura comandato dal PLC in funzione della misura indicata da un pressostato differenziale in modo da limitare la massima sovrapressione a 3 bar. Le stesse prove evidenziano che le sovrapressioni in centrale derivanti da una chiusura rapida del distributore generano un aumento di pressione di circa 1,50 bar (valore comunque contrastante con quanto riportato nella relazione di calcolo idraulico secondo la quale la sovrapressione nelle centrali doveva essere prossima allo zero).

Non risulta siano state eseguite registrazioni delle misure di pressione lungo la condotta adduttrice per cui allo stato attuale non si hanno elementi certi che possano far escludere il superamento del valore massimo di sovrapressione stabilito dal DM 12/12/1985 pari a $3 \div 4 \text{ kg/cm}^2$ per pressioni idrostatiche che variano tra $6 \div 10 \text{ kg/cm}^2$.

Con i parametri di taratura sopra citati, durante la fase di avvio, le sovrapressioni misurate nella centrale di Simbirizzi risultavano contenute entro una pressione massima di 10,5 bar misurata nel punto di attacco della spirale di turbina. Come già detto, per garantire il rispetto di tale soglia massima è stato installato un pressostato differenziale a monte della turbina che interrompe la manovra di chiusura al raggiungimento della soglia massima e riattiva la manovra stessa quando la pressione si riduce di 3 bar.

Al fine di evitare la sovrapposizione degli effetti le manovre di avvio delle due centrali devono avvenire sempre in tempi diversi con una sequenza obbligatoria che prevede prima l'avvio di Simbirizzi e successivamente di San Lorenzo.

Con queste impostazioni, nelle prove eseguite nel periodo tra l'anno 2007 e l'anno 2008, la pressione massima raggiunta durante il transitorio di chiusura della valvola di by-pass raggiungeva la soglia massima impostata (10,5 bar), dopo 78 s dal comando iniziale di chiusura. Raggiunta questa soglia la manovra si arrestava per circa 46 s per consentire la riduzione della pressione di 3 bar e successivamente impiegava ulteriori 31 s per completare la chiusura. Alla completa chiusura si registrava una pressione di 8,5 bar.

4.2 Centrale di San Lorenzo

Per quanto riguarda la centrale di San Lorenzo in fase di messa in servizio sono stati applicati i seguenti parametri di funzionamento (rilevati a gruppo fermo):

Ente Acque della Sardegna

Tabella 5 – Tempi di manovra degli organi di intercettazione San Lorenzo.

ORGANO	APERTURA [sec]	CHIUSURA [sec]
Valvola di macchina	25	45
Distributore	74	40
Scarico Sincrono	30	45

Come per la centrale di Simbirizzi, per limitare le sovrappressioni lungo le condotte nel 2008, in fase di messa in esercizio, sono stati adottati i seguenti accorgimenti funzionali:

- è stato ridotto il tempo di chiusura del distributore in modo da compensare la sovrappressioni indotta dalla manovra di chiusura con la depressione che si verifica all'apertura della valvola di By-pass;
- è stato installato un pressostato differenziale a monte della turbina per poter interrompere temporaneamente la manovra di chiusura della valvola di by-pass al raggiungimento della soglia massima di pressione imposta (pari a 15,0 Bar), e riprendere la manovra di chiusura solo quando la pressione sia ridiscesa al di sotto del valore del differenziale di pressione imposto di 3 bar.

Attualmente l'avvio della centrale viene gestito in modalità semiautomatica, la chiusura della valvola di by pass avviene senza interruzioni e per ovviare a problemi di distacco dalla rete elettrica, evento che si verificava durante il transitorio di chiusura del ramo di by-pass per minima portata rilevata nella vasca di disconnessione, l'apertura del distributore viene gestita manualmente. L'operatore per evitare che la portata in uscita dalla vasca di dissipazione scenda sotto il limite di 500 l/s agisce manualmente regolando l'apertura del distributore. Una volta chiusa la valvola di by pass la gestione del distributore viene riportata in modalità automatica.

4.3 Limitazioni e problematiche del funzionamento attuale del sistema Acquedottistico Mulargia Cagliari Centrali Idroelettriche Simbirizi San Lorenzo.

I due gruppi di produzione installati nei due impianti sono stati dimensionati per un intervallo di portate variabili tra la tra 750 l/s e 2.000 l/s per la centrale di Simbirizzi e tra 470 l/s e 1.200 l/s per la centrale di San Lorenzo.

Le portate medie che attualmente transitano attraverso le due centrali sono di circa 1.400 l/s a Simbirizzi e 900 l/s a San Lorenzo e quindi entro i limiti di funzionamento ma nonostante ciò il regolare funzionamento delle centrali è fortemente condizionato dai fenomeni di moto vario che si possono creare lungo i due rami della condotta adduttrice e dalla necessità di garantire le

Ente Acque della Sardegna

portate a valle delle centrali attraverso le vasche con valvola a galleggiante che fungono da disconnessione e dissipazione del carico idraulico.

In sintesi le problematiche del funzionamento attuale possono riassumersi nei seguenti punti:

1. sovrappressioni derivanti dai fenomeni di moto vario che si determinano all'avvio dei gruppi in fase di chiusura della valvola di scarico sincrono e che sollecitano le condotte in ghisa dell'adduttrice a oscillazioni di pressione prossime a quelle di collaudo e che nel caso di avvio della centrale di Simbirizzi con la centrale di San Lorenzo già in servizio determinano l'intervento delle protezioni elettriche di quest'ultima;
2. velocità eccessive dei gruppi in caso di blocco con stacco di carico elettrico che risultano solo in parte compensate dall'inserimento del volano nel generatore e dalla riduzione dei tempi di chiusura del distributore (rispetto al valore di 100 s riportato nella relazione idraulica del progetto esecutivo delle due centrali);
3. insufficienza dei volumi di compenso disponibili nelle vasche di restituzione/dissipazione ai cui livelli è legata la regolazione del distributore delle turbine con conseguenti blocchi delle stesse a seguito di improvvise variazioni della richiesta idrica o di fenomeni transitori in fase di avvio dei gruppi;
4. le tarature dei tempi di chiusura/apertura dei distributori delle turbine e delle valvole di scarico sincrono, eseguite in fase di messa in servizio delle centrali, hanno finora consentito l'utilizzo delle centrali con portate medie in uscita di circa 1.400 l/s a Simbirizzi, e 900 l/s a San Lorenzo determinando, in caso di blocchi improvvisi, sollecitazioni delle condotte per fenomeni di moto vario di poco inferiori a quelle di collaudo e non garantiscono quindi il regolare funzionamento dell'acquedotto nell'ipotesi di aumento delle portate fino ai valori massimi di progetto delle turbine;
5. escludendo la valvola di scarico sincrono presente sul ramo di by-pass delle centrali il sistema di condotte costituito dal tratto iniziale in C.A.P. Dn 2200 che parte dal torrino di disconnessione in uscita della galleria di Donori e dai tratti in ghisa Dn 1600 e Dn 1200 fino alle due centrali idroelettriche non è dotato di adeguati dispositivi anti colpo d'ariete, per cui un possibile malfunzionamento dell'organo di intercettazione terminale potrebbe determinare gravi danni all'acquedotto che alimenta un'area con una popolazione di circa 700.000 abitanti.

A titolo esemplificativo delle criticità sopra citate si riportano nel seguito la descrizione ed i valori delle misure di pressione registrate durante l'esercizio delle centrali in occasione di blocchi di tipo elettrico e/o di manovre di avvio/arresto dei gruppi di produzione.

Ente Acque della Sardegna

Le procedure di avvio per le due centrali sono simili e possono riassumersi in:

- apertura by pass della valvola di macchina per equilibrare il carico tra monte e valle della valvola a farfalla);
- apertura della valvola di macchina;
- apertura del distributore al valore minimo di marcia a vuoto e successiva sincronizzazione con la rete elettrica;
- stabilizzazione fino al 14,8% di apertura del distributore a Simbirizzi e al 22% a San Lorenzo;
- chiusura della valvola di scarico sincrono sul ramo di by-pass verso la vasca di dissipazione (durata della manovra circa 75 s a Simbirizzi, 45 s a San Lorenzo);
- regolazione automatica del distributore in funzione del livello della vasca di dissipazione;

4.3.1 Manovra di avvio della centrale di Simbirizzi la centrale di San Lorenzo in esercizio

In data 03.07.2018, nella centrale di Simbirizzi, a seguito della fermata programmata per indisponibilità della rete elettrica, si è proceduto al riavvio del gruppo con la centrale di San Lorenzo già a regime (distributore regolato al 47% con portata scaricata di circa 950 l/s). Alle ore 11:11 è stata avviata la centrale di Simbirizzi e durante la fase di chiusura della valvola di by-pass alla vasca di dissipazione sono state riscontrate pressioni di 10,89 bar a monte della turbina di Simbirizzi e contemporaneamente di 19,21 bar nella centrale di San Lorenzo con conseguente blocco elettrico di quest'ultima per intervento delle protezioni elettriche di massima corrente.

Di seguito si riporta l'andamento grafico dei parametri registrati nelle due centrali che evidenziano le pressioni raggiunte durante la manovra di avvio di Simbirizzi con un oscillazione della pressione a monte della turbina di San Lorenzo pari a 12,47 bar (valore massimo 19,21 e valore minimo di 6,74 bar).

Esaminando nel dettaglio la manovra (Figura 6) si può notare che alle ore 11:03:40 è entrato in funzione il sistema oleodinamico di lubrificazione dei cuscinetti (linee di colore giallo e verde), alle ore 11:04:02 con l'apertura del by pass della valvola di macchina, che equilibra il carico tra monte e valle della valvola a farfalla, si è avuta un riduzione delle pressioni misurate a monte della turbina (linea di colore ciano) e alle ore 11:05:15 è iniziata l'apertura del distributore

Ente Acque della Sardegna

(linea di colore rosso) con conseguente avvio del gruppo e aumento della velocità (linea di colore nero).

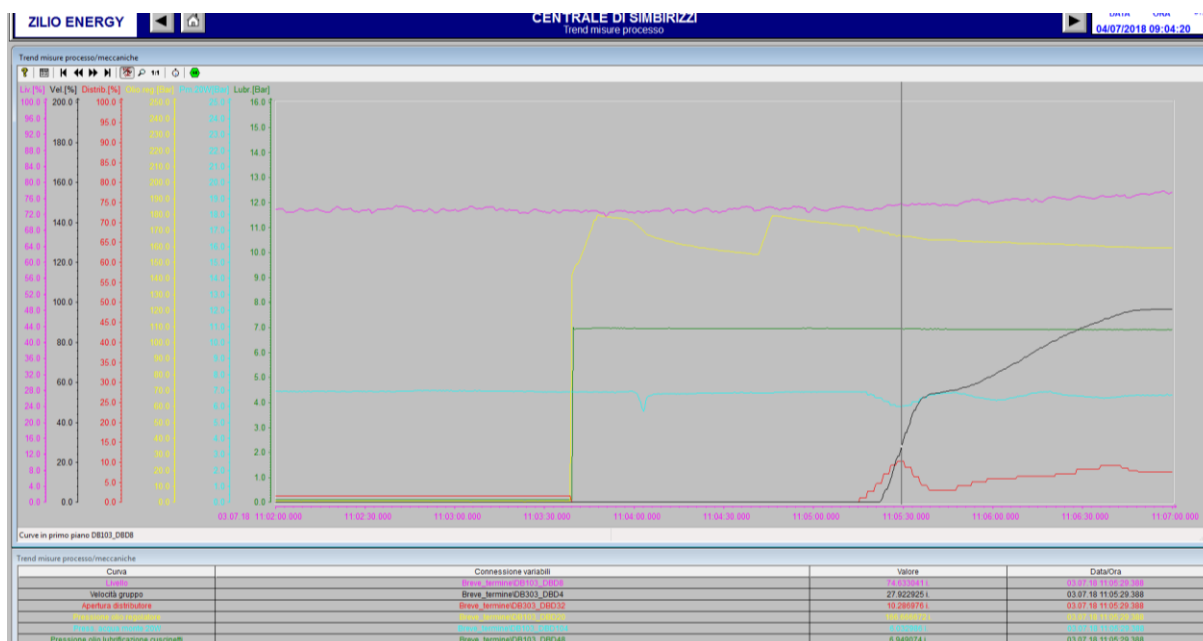


Figura 6: Variazione parametri monitorati durante manovra di avvio della centrale di Simbirizzi.

Dopo un transitorio durante nel quale il distributore si è stabilizzato al valore di apertura del 14,8%, e la pressione a monte della turbina al valore di 6,8 bar (figura 7), alle 11:12:45 inizia la chiusura della valvola di by pass alla vasca di dissipazione, con conseguente aumento della pressione con un picco di 10,80 bar alle 11:13:34.

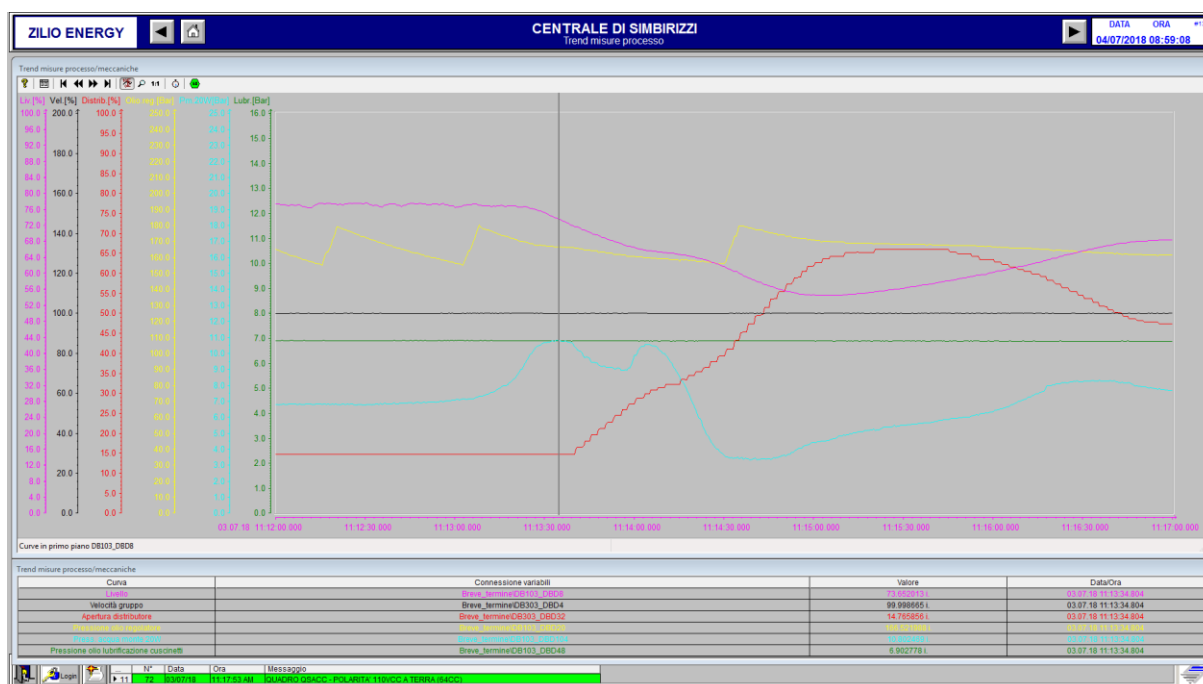


Figura 7: Variazione parametri monitorati durante manovra di avvio della centrale di Simbirizzi.

Ente Acque della Sardegna

Alle 11:13:41 è ripresa l'apertura del distributore (figura 7) con conseguente destabilizzazione delle pressioni che hanno oscillato tra un massimo di 10,80 bar e un minimo di 3,34 bar e la stabilizzazione del gruppo di Simbirizzi e delle portate scaricate è avvenuta a partire dalle ore 11:19:30 con valori di pressione intorno a 6,8 bar e distributore al 50% regolato dal PLC d'impianto in funzione del livello della vasca di restituzione.

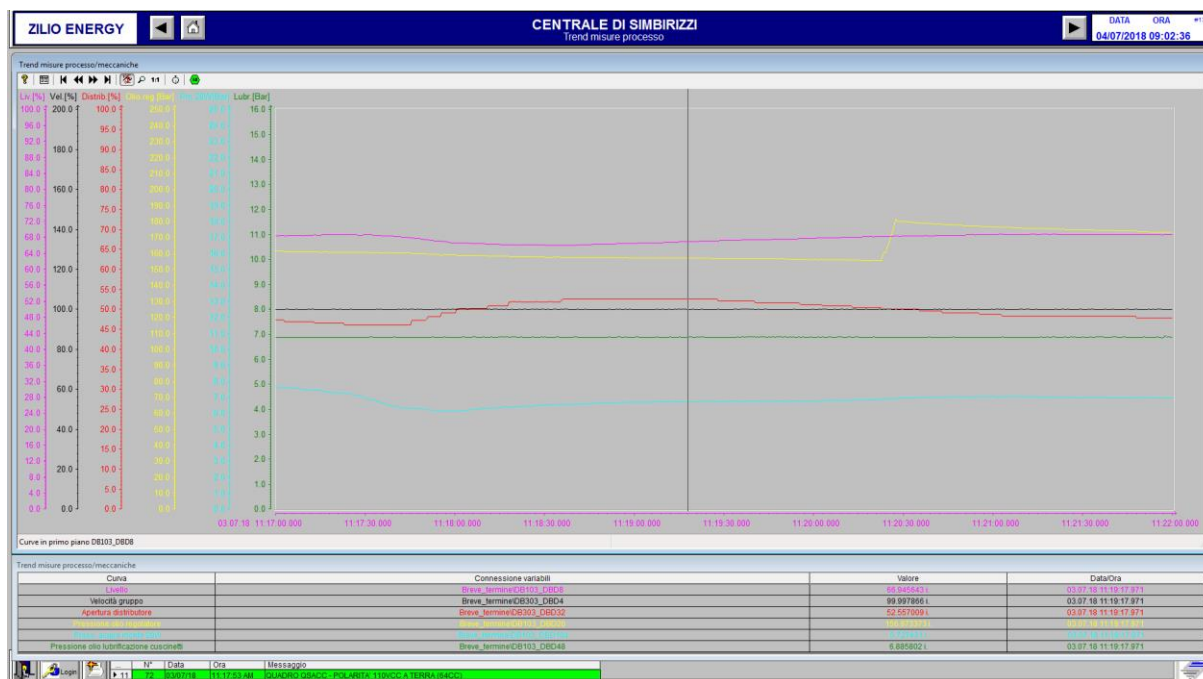


Figura 8: Variazione parametri monitorati durante manovra di avvio della centrale di Simbirizzi.

Nella centrale di San Lorenzo conseguentemente al picco di pressione di 19,21 bar registrato alle 11:13:53 (Figura 9), (con una sovrappressione di circa 6,21 bar rispetto agli 11,00 bar del valore medio di funzionamento) sono intervenute le protezioni elettriche determinando una apertura istantanea dell'interruttore di macchina e quindi una sovravelocità del gruppo che ha superato di poco il limite ammissibile del 180%.

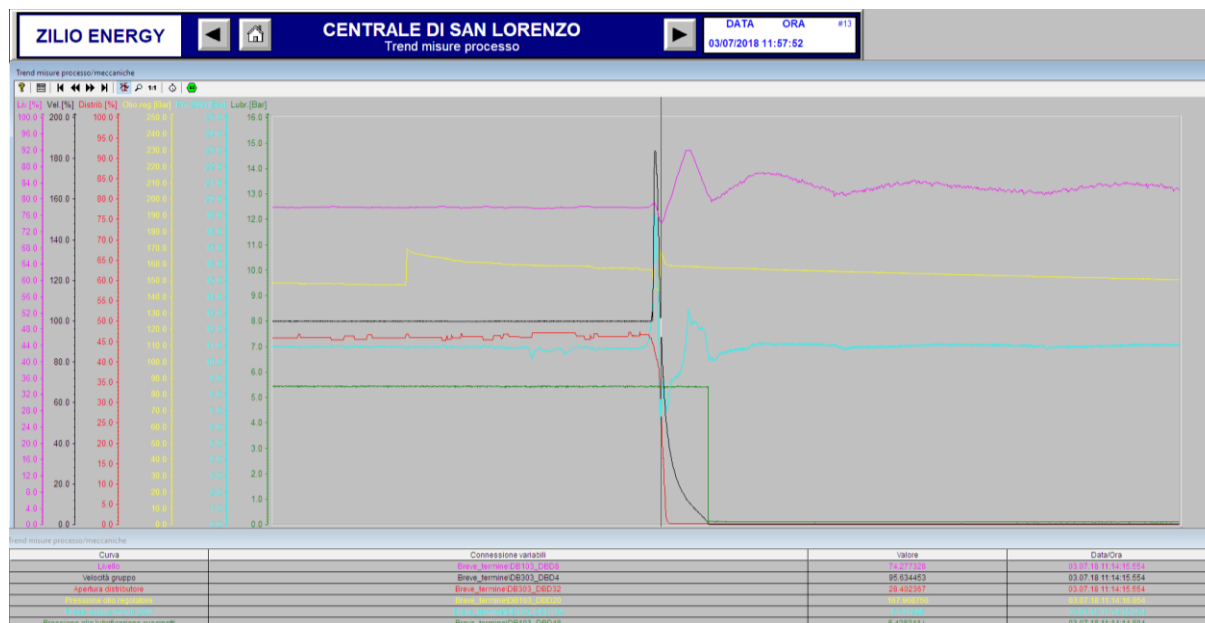


Figura 9: Variazione parametri monitorati nella centrale di San Lorenzo durante la manovra di avvio della centrale di Simbirizzi.

4.3.2 Manovra di avvio della centrale di San Lorenzo con la centrale di Simbirizzi in esercizio

Nella centrale di San Lorenzo, a causa dell'esiguità del volume di regolazione disponibile nella vasca dissipatrice, la manovra di aumento dell'apertura del distributore durante la chiusura della valvola di scarico sincrono viene eseguita manualmente per evitare di far scendere la portata oltre il valore limite minimo che automaticamente determinerebbe il blocco del gruppo. A seguito del superamento dei fenomeni transitori legati alle manovre di avvio il sistema viene riportato in modalità di regolazione automatica in funzione del livello della vasca di dissipazione/restituzione.

Come illustrato in figura 10 durante la manovra di avvio della centrale di San Lorenzo si è registrato un picco di pressione di 14,78 bar alle 12:07:54 che corrisponde alla chiusura della valvola di scarico sincrono sul ramo di by-pass collegato alla vasca di dissipazione, e conseguente transitorio con stabilizzazione dei valori di pressione intorno a 9,0 bar.

Ente Acque della Sardegna

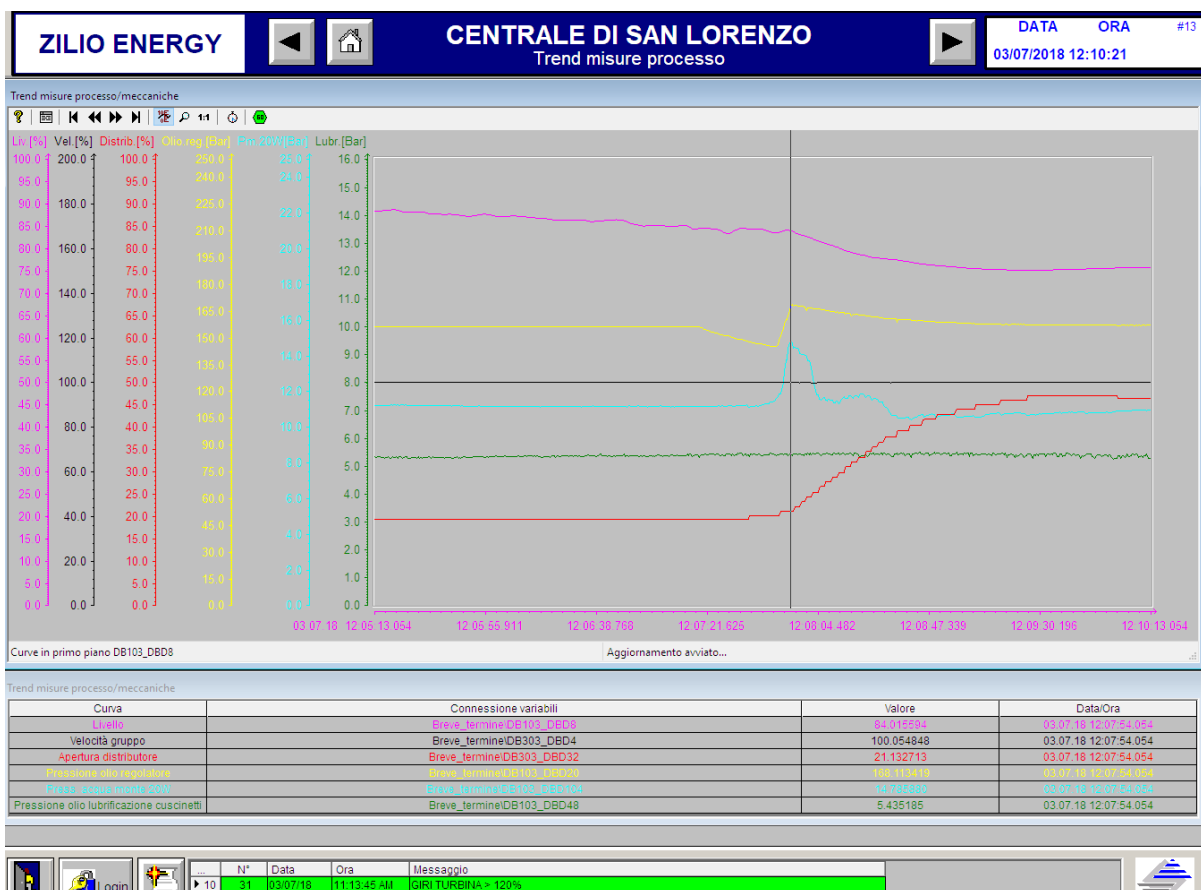


Figura 10: Variazione parametri monitorati durante la manovra di avvio della centrale di San Lorenzo.

Nello stesso istante nella centrale di Simbirizzi veniva registrato un picco di pressione di 8,38 bar rispetto al valore di 6,9 bar misurati in condizione di esercizio (Figura 11).

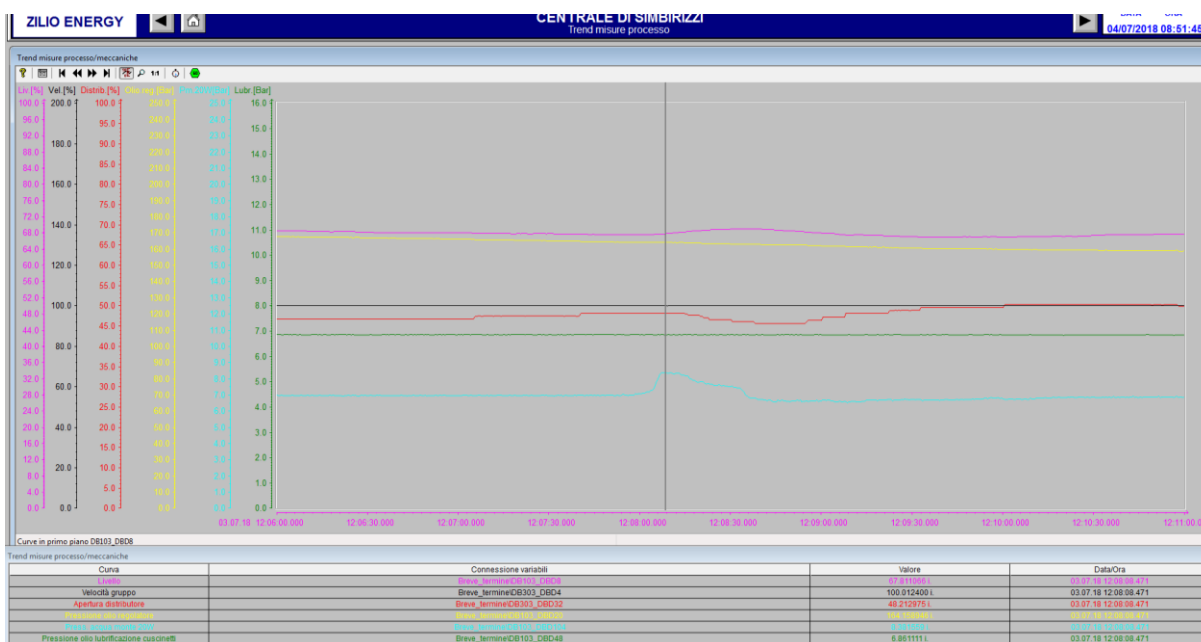


Figura 11: Variazione parametri monitorati a Simbirizzi durante la manovra di avvio della centrale di San Lorenzo.

Le pressioni misurate derivano dai trasduttori posti subito a monte delle due turbine, ma non si hanno rilevamenti dei valori di pressioni raggiunti nella tratto di circa 17 km di condotta adduttrice in ghisa che collega le due centrali.

4.3.3 Manovra di stacco di carico delle centrale di Simbirizzi

Per quanto riguarda l'andamento dei fenomeni di moto vario generati dal blocco di tipo elettrico della centrale di Simbirizzi si è fatto riferimento alle pressioni registrate durante una prova stacco di carico della centrale di Simbirizzi eseguita durante in fase di collaudo in data 05.06.2008.

La prova evidenzia (Figura 12) l'andamento dei parametri monitorati della centrale, tra i quali si nota in particolare l'andamento delle sovrappressioni che rimangono contenute entro valori accettabili. Dal verbale di collaudo si evince che la prova è stata eseguita con portate in transito di 1870 l/s e sempre secondo il verbale di collaudo *“le sovrappressioni sono state contenute, risolvendosi in una serie di fluttuazioni intorno al valore di 7,7 bar con un max di 8,15 bar a partire da un valore iniziale pari a 6,65 bar; la pressione alla fine del transitorio si è stabilizzata intorno ai 7,2 bar, inoltre le sovravelocità del gruppo sono state limitate al 150% della velocità nominale.”*

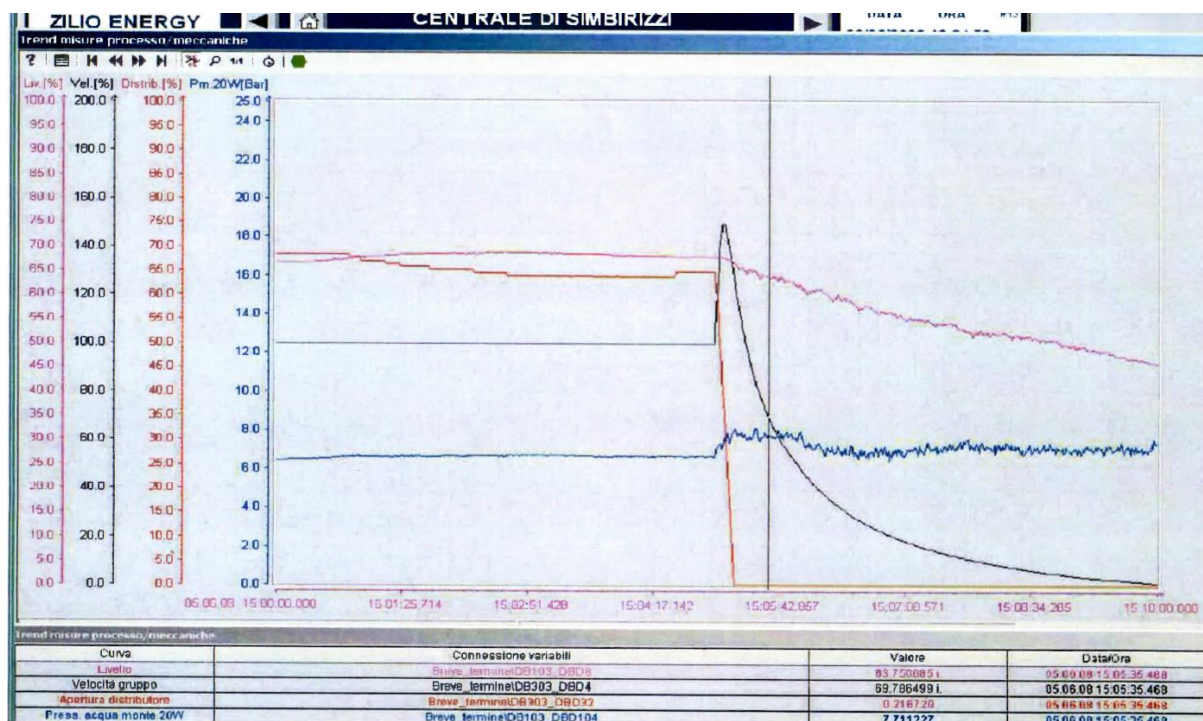


Figura 12: Variazione parametri monitorati a Simbirizzi durante la manovra di stacco di carico del giorno 05.06.2008.

In sintesi, quindi, i fenomeni di colpo d'ariete che si verificano lungo il sistema acquedotto Mulargia – Cagliari e le due centrali idroelettriche sia all'avvio dei gruppi che in caso di arresto improvviso per blocco elettrico limitano le condizioni di sicurezza per l'utilizzo della centrale di Simbirizzi alla portata massima e comunque sottopongono le condotte e le apparecchiature lungo linea a sovrappressioni elevate che sollecitano le condotte e i pezzi speciali anche per i valori attuali delle portate idriche scaricate.

4.3.4 Studio del moto vario del sistema complessivo allegato al progetto esecutivo "Minicentrali idroelettriche di San Lorenzo e Simbirizzi" - 2005.

In fase di progettazione delle due centrali idroelettriche è stato eseguito uno studio del colpo d'ariete sulla base del quale sono state effettuate le prime regolazioni degli organi di manovra. Lo studio facente parte della Relazione di Calcolo Idraulico del suddetto progetto del 2005, si poneva come obiettivo di individuare le manovre ammissibili che determinano sovrappressioni compatibili con le caratteristiche delle condotte dell'acquedotto Mulargia - Cagliari ed inferiori a 2 Kg/cm^2 .

Il calcolo delle sovrappressioni, eseguito con le equazioni concatenate di Allievi applicate lungo i vari tratti, ha evidenziato che lungo il tracciato dell'adduttrice l'elemento più vulnerabile e il tratto di condotta in ghisa sferoidale Dn 1600 tra la diramazione per Donori e il Partitore Sa Mandara. Per tale condotta, al nodo Sa Mandara, il valore massimo di sovrappressione dinamica ottenuto con un tempo di chiusura di 100 secondi dell'organo di intercettazione finale risulta essere paria 20,8 m (2,04 bar) con un carico statico di 76,5 metri (7,50 bar). Pertanto, la relazione dello studio del colpo d'ariete concludeva suggerendo che il tempo di manovra degli organi di intercettazione non doveva risultare inferiore a 100 secondi.

Come indicato nel paragrafo precedente questi tempi di manovra sono stati abbondantemente ridotti nella fase di collaudo senza procedere però ad ulteriori approfondimenti dello studio di colpo d'ariete lungo le condotte a monte delle due centrali fino al torrino di sbocco della galleria di Donori. Pertanto attualmente non si hanno ulteriori elementi di valutazione teorici, né registrazioni dei parametri, durante i transitori idraulici che si creano per effetto delle manovre nelle centrali idroelettriche.

Risulta quindi necessario eseguire un accurato studio di moto vario del sistema acquedotto Mulargia - Cagliari - centrale San Lorenzo - centrale Simbirizzi al fine di valutare le sovrappressioni che possono determinarsi nel sistema in tutte le possibili condizioni di portata a seguito di manovre sugli organi di intercettazione. Il modello teorico dovrà essere verificato

Ente Acque della Sardegna

con opportune misure in campo sia nelle centrali che sulle condotte dell'acquedotto Mulargia - Cagliari.

5 OBIETTIVI DELL'INTERVENTO IN PROGETTO

In precedenza sono state illustrate le caratteristiche di funzionamento delle due centrali idroelettriche connesse al Sistema Idrico Multisetoriale SIMR Acquedotto Mulargia - Cagliari, dalle quali si evincono le problematiche di funzionamento che determinano una produzione di energia ridotta rispetto alla potenzialità dei due impianti, nonché il rischio di rottura delle condotte dell'acquedotto Mulargia - Cagliari.

Pertanto risulta necessario garantire la massima flessibilità di funzionamento delle due centrali esistenti, indipendentemente dai fenomeni di moto vario che si possono creare nelle condotte a monte, sia per sfruttare al massimo (in condizioni di sicurezza) le caratteristiche tecniche dei gruppi esistenti massimizzando l'energia producibile e sia per valutare la necessità di eventuali aumenti di potenza installata.

Considerato l'elevato grado di interconnessione con le altre opere idrauliche presenti a monte e a valle della centrale di Simbirizzi il raggiungimento dell'obiettivo di potenziamento della producibilità ed efficientamento della minicentrale idroelettrica presenta necessariamente delle ripercussioni sulle gestione delle condotte dell'acquedotto Mulargia - Cagliari e della centrale idroelettrica di San Lorenzo.

L'eventuale aumento della potenza installata dovrà quindi essere subordinato all'ottimizzazione del funzionamento attuale e alla risoluzione dei problemi connessi ai fenomeni di moto vario.

Considerata l'importanza strategica dell'acquedotto Mulargia Cagliari è opportuno valutare tutti i possibili scenari di funzionamento delle centrali in relazione all'esigenza primaria di trasferimento della risorsa idrica.

Per armonizzare l'obiettivo primario di potenziamento della producibilità di energia elettrica con l'utilizzo della risorsa idrica, si rende necessario definire degli scenari di funzionamento, attuali e futuri, che tengano conto di tutte le variabili presenti sia come opere infrastrutturali esistenti e future sia come necessità gestionali quali ad esempio la possibile dismissione del potabilizzatore di San Michele con conseguente aumento della portata al potabilizzatore di Simbirizzi.

5.1 Condizioni di funzionamento attuale

Attualmente le portate turbinate dalle due centrali sono monitorate in remoto dal Sistema Informativo Territoriale Programmazione Risorsa Idrica e Telecontrollo (SiTPiT) del ENAS che ha in archivio i dati giornalieri a partire dal 2008 per entrambi gli impianti. Si riporta di

Ente Acque della Sardegna

seguito la curva delle durate dei due impianti per l'anno 2017 ritenuto significativo per rappresentare le portate turbinare.

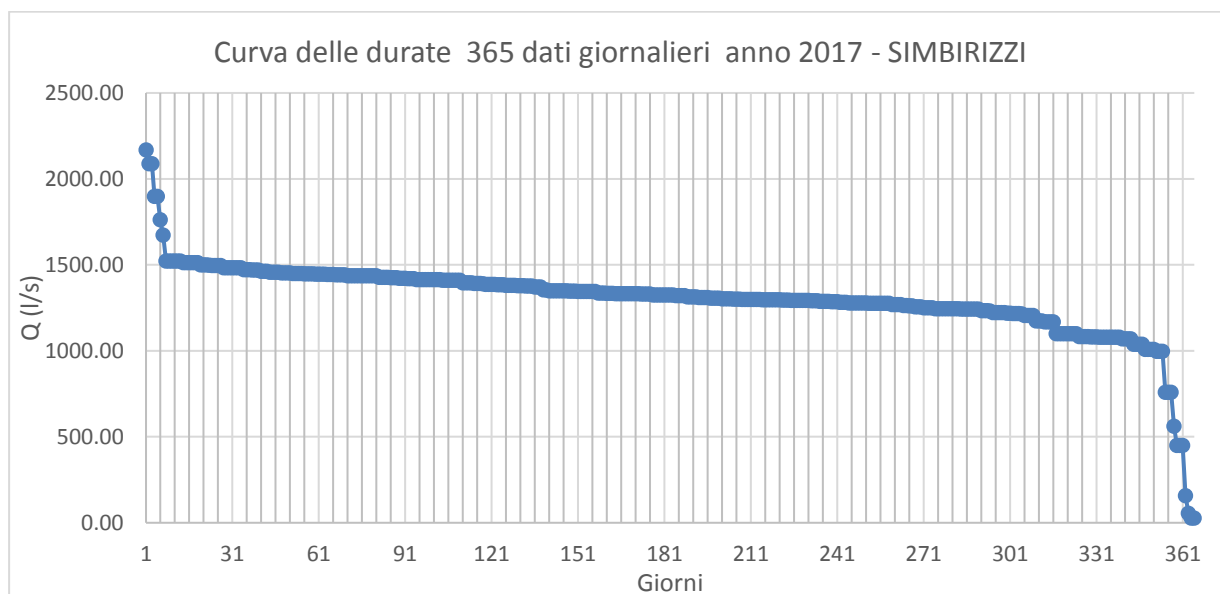


Figura 13: Curva delle durate Impianto di Simbirizzi.

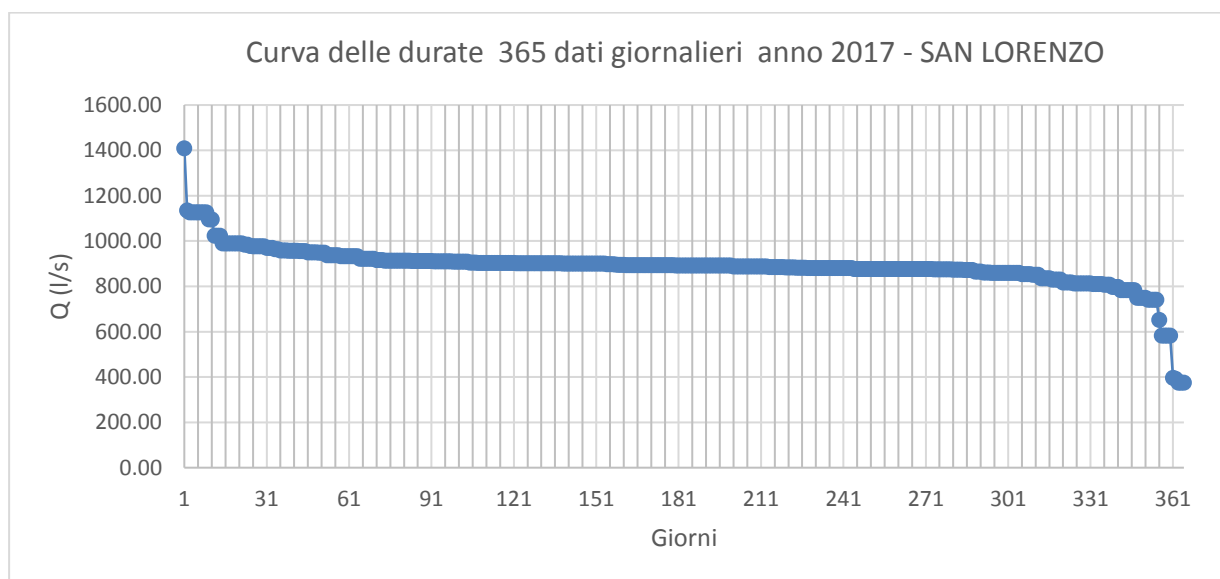


Figura 14: Curva delle durate Impianto di San Lorenzo.

I grafici sopra riportati, evidenziano gli intervalli di funzionamento attuali dei due impianti:

- 1) portata media dell'impianto di Simbirizzi pari a 1.304,5 l/s con un intervallo di funzionamento variabile tra 1.500 l/s e 1.100 l/s.
- 2) portata media centrale di San Lorenzo pari a 886,4 l/s e un intervallo di funzionamento variabile tra 1.000 l/s e 800 l/s.

Entrambi le centrali sono asservite alla richiesta idrica a valle, pertanto l'apertura o la chiusura dei distributori che regolano le portate turbinare, sono regolati in base al livello idrico delle

Ente Acque della Sardegna

rispettive vasche di restituzione/dissipazione dalle quali si diramano le condotte per alimentare i rispettivi impianti di potabilizzazione e i prelievi industriali a valle.

La ripartizione della risorsa idrica con i prelievi a monte e a valle delle centrali è riportata nella seguente tabella:

Tabella 6 – Valori di portata ripartiti dal Acquedotto Mulargia Cagliari (Stato attuale).

Utenze		Portate [l/s]	
		invernale	estivo
Monte centrali idroelettriche	Potabilizzatore di Donori	530	650
	Distretto irriguo Ussana	30	250
	Prelievo irriguo CBSM Interconnessione Canale Ripartitore Sud-Est	500	900
Valle centrale idroelettrica di SIMBIRIZZI	Potabilizzatore Simbirizzi	1200	1600
Valle centrale idroelettrica di SAN LORENZO	Potabilizzatore San Michele	min400 max 800	min400 max 800
	Potabilizzatore Sestu	50	50
	Consorzio Industriale Casic	200	500

5.2 Scenari di funzionamento futuro

Di seguito i possibili scenari di funzionamento delle centrali di Simbirizzi e San Lorenzo in relazione al variare delle portate richieste dalle utenze. I suddetti scenari non sono da considerarsi esaustivi di tutte le possibili configurazioni future del acquedotto Mulargia Cagliari, ma rappresentano le previsioni gestionali a medio termine.

Si ipotizzano 4 differenti scenari, descritti nel seguito, che differiscono sostanzialmente per la numerosità delle utenze servite e per l'entità delle portate erogate:

Ente Acque della Sardegna

Tabella 7 – Valori di portata ripartiti dal Acquedotto Mulargia Cagliari (Possibili scenari futuri).

UTENZE		SCENARIO 1 - [l/s]		SCENARIO 2 - [l/s]		SCENARIO 3 - [l/s]		SCENARIO 4 - [l/s]	
		invernale	estivo	invernale	estivo	invernale	estivo	invernale	estivo
Monte centrali idroelettriche	Potabilizzatore di Donori	530	650	530	650	530	650	530	650
	Distretto irriguo Ussana	30	250	30	250	30	250	30	250
	Prelievo irriguo CBSM Interconnessione Canale Ripartitore Sud-Est	500	900	500	900	500	900	500	900
	Prelievo distretto irriguo Dolianova IN PROGRAMMAZIONE	0	0	0	0	50	250	50	250
	Prelievo irriguo CBSM (Quartu/Selargius) IN PROGETTO	0	0	150	400	150	400	150	400
Valle centrale idroelettrica di SIMBIRIZZI	Potabilizzatore Simbirizzi	1200	1600	1200	1600	1200	1600	1600	2000
Valle centrale idroelettrica di SAN LORENZO	Potabilizzatore San Michele	min 400 max 800	min 400 max 800	min 400 max 800	min 400 max 800	min400 max 800	min400 max 800	0	0
	Potabilizzatore Sestu	50	50	50	50	50	50	50	50
	Consorzio Industriale Casic	400	600	400	600	400	600	400	600

- **Scenario 1:** l'ENAS ha già predisposto uno studio di fattibilità tecnico economico per il "*Raddoppio della condotta di collegamento tra la centrale idroelettrica di San Lorenzo ed il nodo San Lorenzo*" al fine di realizzare una condotta con funzione di by-pass della centrale idroelettrica per trasferire la risorsa per usi industriali direttamente all'acquedotto principale industriale CASIC sino al potenziale completo soddisfacimento della domanda di questa utenza.

Lo studio di fattibilità prevede una vasca di disconnessione subito a valle della derivazione già esistente a monte della centrale idroelettrica di San Lorenzo e una condotta di collegamento in ghisa Dn 900 fino al nodo San Lorenzo. Tali opere consentiranno di utilizzare la turbina anche per portate richieste a valle maggiori di 1200 l/s (portata massima turbinabile). Lo scenario tiene conto della variazione stagionale delle portate, considerando 400 l/s nella stagione invernale che diventerebbero 600 l/s nel periodo estivo.

- **Scenario 2:** sulla base della situazione descritta nello scenario 1 con l'aumento di portate richiesta dal CASIC, un ulteriore incremento dei prelievi è prevedibile possa avvenire per

Ente Acque della Sardegna

l'alimentazione di nuovi distretti irrigui nei comuni di Quartu Sant'Elena e Selargius. Questo trasferimento verso condotte gestite dal Consorzio di Bonifica della Sardegna Meridionale (CBSM) risulta in fase di progettazione e prevede la derivazione dall'acquedotto Mulargia-Cagliari in corrispondenza del nodo Sa Mandara. Le portate che si prevede possano essere richieste variano tra i 400 l/s nel periodo estivo e 150 l/s nel periodo invernale.

- **Scenario 3:** considerando gli interventi riportati negli scenari n.1 e n.2 già realizzati lo scenario n.3 prevede una ulteriore richiesta irrigua nell'agro di Dolianova (a monte del nodo di Sa Mandara) gestita sempre dal CBSM. La richiesta idrica ipotizzata è a carattere stagionale con portate di 50 l/s in inverno e 400 l/s in estate.
- **Scenario 4:** l'ultimo scenario ipotizzato prevede la possibilità della dismissione dell'impianto di potabilizzazione di San Michele (che già dal 2014 ha ridotto le portate al valore costante di 400 l/s) con conseguente incremento delle portate potabilizzate nel impianto di Simbirizzi che raggiungerebbe i 2000 l/s nel periodo estivo. In questo caso si avrebbe una riduzione di circa 400 l/s delle portate convogliate verso il nodo San Lorenzo, che quindi si ridurrebbero a 450 l/s nel periodo invernale e 650 l/s nel periodo estivo destinati alle utenze CASIC e potabilizzatore di Sestu. Con questi valori di portata il funzionamento della centrale idroelettrica di San Lorenzo si ridurrebbe al solo periodo estivo con valori di potenza minimi. Al contrario l'incremento di portata verso il potabilizzatore di Simbirizzi comporterebbe il raggiungimento del limite massimo di portata per il quale è stato dimensionato l'impianto idroelettrico di Simbirizzi ed in tale situazione il superamento delle portate di picco (richieste solo per pochi giorni all'anno) può avvenire solo se le condizioni di carico idraulico consentono il superamento della portata di progetto (al 100% di apertura del distributore) oppure se viene realizzato un sistema di by-pass della centrale in grado di funzionare in parallelo con il gruppo di produzione.

Per quanto sopra, allo stato attuale, l'ipotesi di un raddoppio del gruppo di produzione della centrale di Simbirizzi (ipotesi per la quale in entrambe le centrali sono già state predisposte le opere civili e le condotte di adduzione e restituzione) anche di potenza ridotta rispetto a quello esistente, risulta percorribile solo nell'ipotesi di utilizzo del gruppo Francis fino alla portata di massimo rendimento (1,64 m³/s) per consentire lo sfruttamento energetico della portata residua (0,4 m³/s) richiesta nel periodo estivo.

Ente Acque della Sardegna

Lo studio del colpo d'ariete del sistema acquedotto Mulargia Cagliari - centrale San Lorenzo - centrale Simbirizzi dovrà analizzare oltre le condizioni di funzionamento attuale quelle di funzionamento futuro dei suddetti 4 scenari.

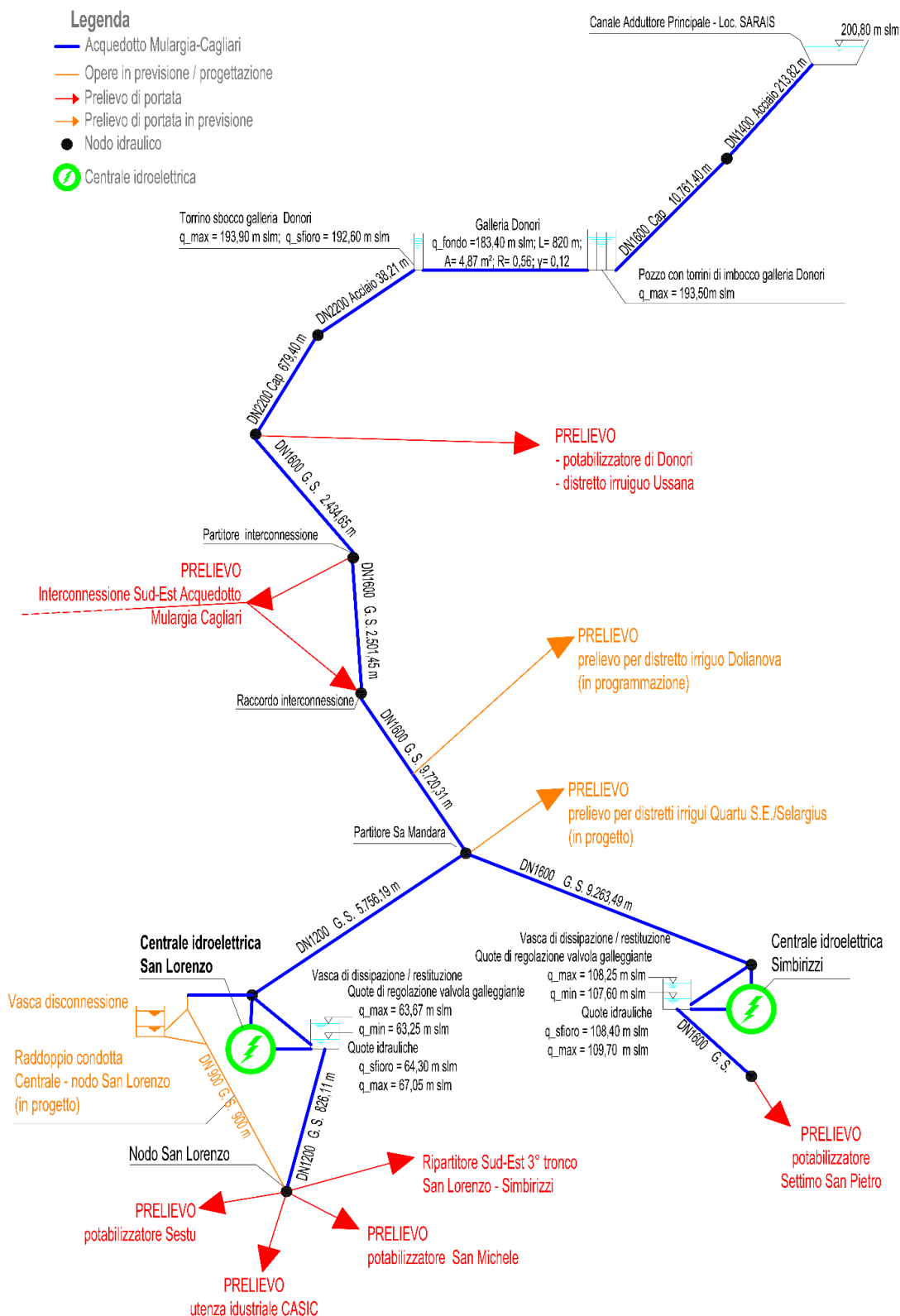


Figura 15: Scenari futuri dello schema idraulico Acquedotto Mulargia Cagliari centrali idroelettriche Simbirizzi e San Lorenzo.

6 INDIRIZZI PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO DI FATTIBILITA' E DEL PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

6.1 Studio specialistico per la verifica del colpo d'ariete del sistema costituito dall'acquedotto Mulargia - Cagliari, centrale idroelettrica di San Lorenzo e centrale idroelettrica di Simbirizzi

A fine di massimizzare la produzione energetica delle due centrali ed in particolare di quella di Simbirizzi risulta necessario eseguire uno studio del moto vario di tutto il sistema idraulico Acquedotto Mulargia Cagliari - Centrali Idroelettriche al fine di individuare le possibili soluzioni per la protezione delle condotte e delle apparecchiature dalle sovrappressioni determinate dalle manovre di avvio/spegnimento o di blocco dei gruppi di produzione.

Si rende quindi necessario effettuare un accurato studio del colpo d'ariete con modellazione numerica e successiva taratura in campo dei parametri disponibili al fine di calibrare i risultati in modo da simulare in modo realistico il funzionamento del sistema.

Il modello dovrà essere il più flessibile possibile per garantire la simulazione dei vari scenari di funzionamento previsti e consentire l'inserimento dei dispositivi anti-colpo d'ariete più efficaci, che, a titolo indicativo e non esaustivo, vengono elencati di seguito:

- a) inserimento di un sistema di casse d'aria nelle centrali;
- b) realizzazione di torrini o pozzi piezometrici
- c) aumento del volume delle vasche di restituzione/dissipazione;
- d) inserimento di valvole per la regolazione della pressione;
- e) modifica e regolazione dei tempi di chiusura/apertura delle valvole di scarico sincrono, dei distributori delle turbine e delle valvole di macchina;

Il modello numerico usato per la simulazione dello schema idraulico dovrà essere di comprovata validità ed in grado di simulare i fenomeni transitori in modo realistico e dovrà essere tarato sulla base del comportamento reale del sistema idraulico attraverso l'esecuzione di prove opportunamente concordate con il Servizio di gestione dell'ENAS.

In particolare, a titolo indicativo e non esaustivo dovranno essere simulate le prove di

- stacco di carico a portate crescenti in entrambe le centrali con step in aumento compatibili con le attuali condizioni di sicurezza delle condotte;
- avvio della centrale di Simbirizzi con San Lorenzo in servizio;
- avvio della centrale di San Lorenzo con Simbirizzi in servizio;

6.2 Progetto di fattibilità tecnico-economica e progetto definitivo/esecutivo

Sono previsti due livelli progettuali: progetto di fattibilità tecnico - economica ed il progetto definitivo/esecutivo per l'appalto.

La soluzione progettuale individuata dovrà consentire di massimizzare la produzione di energia elettrica garantendo nel contempo un elevato grado di sicurezza nell'acquedotto Mulargia - Cagliari.

Il progetto potrà prevedere anche l'installazione di una ulteriore turbina nell'impianto di Simbirizzi, inoltre la soluzione progettuale individuata dovrà consentire di mantenere in esercizio l'acquedotto Mulargia - Cagliari.

Dallo studio del moto vario dovrà scaturire la configurazione ottimale che prevederà l'insieme di opere e/o apparecchiature necessarie per il raggiungimento degli obiettivi sopra citati, nel caso in cui l'importo complessivo delle opere (in una o più configurazioni progettuali) dovesse eccedere la capienza del finanziamento assentito, si dovrà altresì individuare gli interventi prioritari (di importo pari al finanziamento assentito pari 1,3 M€) che costituiranno il primo lotto funzionale che dovrà essere sviluppato a livello di progetto di fattibilità e progetto definitivo/esecutivo.

7 QUADRO PRELIMINARE DEI VINCOLI TERRITORIALI, AMBIENTALI E DELLE AUTORIZZAZIONI

L'esame preliminare dei vincoli territoriali e ambientali non ha evidenziato specifici vincoli e/o prescrizioni riguardanti le aree delle centrali idroelettriche di San Lorenzo e Simbirizzi; in particolare non si riscontra la presenza di aree naturali e sub naturali o nell'ambito costiero come definito dal Piano Paesaggistico Regionale (PPR).

Le autorizzazioni da acquisire saranno stabilite, come peraltro previsto dal D.Lgs. 50/2016 in sede di progetto di fattibilità una volta che saranno definite le opere da realizzare e le apparecchiature da installare, tra cui una eventuale nuova turbina nella centrale di Simbirizzi.

Di seguito vengono esposte alcune preliminare valutazioni sull'argomento.

Nell'ipotesi che il progetto non dovesse prevedere l'installazione di una nuova turbina a Simbirizzi, l'intervento non sarebbe soggetto alla procedura di VIA né di competenza statale né regionale. Invece, nell'ipotesi di installazione di una nuova turbina di potenza superiore a 100 kW l'intervento sarebbe compreso nell'allegato IV del D.Lgs. 152/2006 così come integrato dal D.Lgs. 104/2017 e quindi da sottoporre alla verifica di assoggettabilità di competenza regionale. In quest'ultima fattispecie l'intervento sarebbe anche soggetto ad "autorizzazione unica" di cui all'articolo 12 del D.Lgs. 387/2003 da eseguirsi con le procedure dell'allegato A della DGR 3/25 - 2018.

8 STIMA DEI COSTI

L'importo complessivo oggetto del progetto di fattibilità, e definitivo/esecutivo è stato stimato pari a € 1.300.000,00 di cui circa € 774.800,00 per lavori a base di appalto e 525.200,00 somme a disposizione dell'amministrazione. La stima sommaria del costo di costruzione si basa su una prima ipotesi di ripartizione delle risorse tra opere civili, impianti elettrici, impianti idraulici e modifica dei sistemi informativi, suscettibile di modifiche e variazioni in funzione delle risultanze dello studio di moto vario e delle soluzioni tecniche che verranno adottate per limitare i transitori di moto vario.

Il costo complessivo delle opere è così ripartito:

Tabella 8 – Quadro economico dell'intervento.

QUADRO ECONOMICO		
A LAVORI E COMPENSI A CORPO		
A.1	Lavori di adeguamento della centrale di Simbirizzi e protezione dell'acquedotto Mulargia - Cagliari	€ 745,000.00
A.1.1	Opere civili	€ 320,000.00
A.1.2	Impianti elettrici e di controllo	€ 160,000.00
A.1.3	Impianti e opere idrauliche	€ 250,000.00
A.1.4	Sistemi informativi e ingegnerizzazione dei processi	€ 15,000.00
A.2	Compenso a corpo per oneri di capitolato (1% di A.1)	€ 7,450.00
A.3	Compenso a corpo per oneri della sicurezza (3% di A.1)	€ 22,350.00
TOTALE A - IMPORTO TOTALE LAVORI E COMPENSI A CORPO		€ 774,800.00
B SOMME A DISPOSIZIONE		
B.1	Allacciamenti linee trasmissione dati telecontrollo	€ 5,000.00
B.2	Imprevisti	€ 6,252.97
B.3	Spese Tecniche	€ 147,796.80
B.3.1	Studio di Fattibilità e Progettazione Definitiva - Esecutiva	€ 117,112.31
B.3.2	Spese per studi specialistici idraulici (calcolo colpo d'ariete e relazione idraulica)	€ 25,000.00
B.3.3	Spese cassa previdenziale	€ 5,684.49
B.4	Spese generali (compresi rilievi, indagini, supporto al RUP, incentivo art. 113 c2 del D.Lgs 50/2016 ecc.)	€ 46,496.00
B.5	Accantonamento di cui all'art. 106 D.Lgs 50/2016 (10% di A)	€ 77,480.00
B.6	Accantonamento per accordi bonari (1% di A)	€ 7,748.00
B.7	IVA (22% su A+B.1+B.3+B.4+B.5)	€ 234,426.23
TOTALE B - IMPORTO TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE		€ 525,200.00
IMPORTO COMPLESSIVO LAVORI E SOMME A DISPOSIZIONE (A+B)		€ 1,300,000.00

9 TEMPI PREVISTI PER LA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DEI LAVORI E CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITA'

Il tempo complessivo stimato per la progettazione e realizzazione dell'intervento, ottenimento delle autorizzazioni, appalto, esecuzione dei lavori e collaudo è di 30 mesi.

Per la realizzazione del progetto di fattibilità, comprendenti le prove di calibrazione del modello idraulico e la redazione dello studio specialistico di moto vario è stato stimato un tempo di 6 mesi.

Per la fase di autorizzazione e approvazione del progetto di fattibilità è stato stimato un tempo complessivo di 4 mesi ed ulteriori 8 mesi per la redazione e approvazione del progetto definitivo/esecutivo.

Per la fase di appalto dei lavori è stato stimato un tempo pari a 10 mesi e per la realizzazione delle opere ed il collaudo è stato stimato un tempo pari a 24 mesi.

In linea con i tempi stabiliti dalla fonte di finanziamento FSC 2014/2020 l'aggiudicazione provvisoria è prevista entro Dicembre 2021, mentre la realizzazione e collaudo dell'intervento è prevista entro Dicembre 2025.

Le principali attività e i tempi stimati per l'attuazione di ciascuna delle due fasi dell'intervento, sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 9 – Cronoprogramma delle attività.

[illegible]

10 ALLEGATI

Parte A

- A.0 Elenco allegati
- A.1 Relazione tecnica illustrativa, stima dei costi e programma delle attività
- A.2 Schema idraulico generale sistema Tirso, Flumendosa, Campidano, Cixerri, Sulcis
- A.3 Corografia Acquedotto Mulargia Cagliari Centrali Idroelettriche Simbirizi San Lorenzo
- A.4 Schema idraulico acquedotto Mulargia Cagliari centrali idroelettriche Simbirizi e San Lorenzo
- A.5 Carta dei vincoli

Parte B — Documentazione stato di fatto

- B.1 Profilo schematico e piezometrico Acquedotto Mulargia – Cagliari
- B.2 Profilo schematico e pressioni di prova Acquedotto Mulargia – Cagliari
- B.3 Planimetria centrale di Simbirizzi
- B.4 Planimetria centrale di San Lorenzo
- B.5 Verbali di prove funzionali e collaudo delle centrali idroelettriche